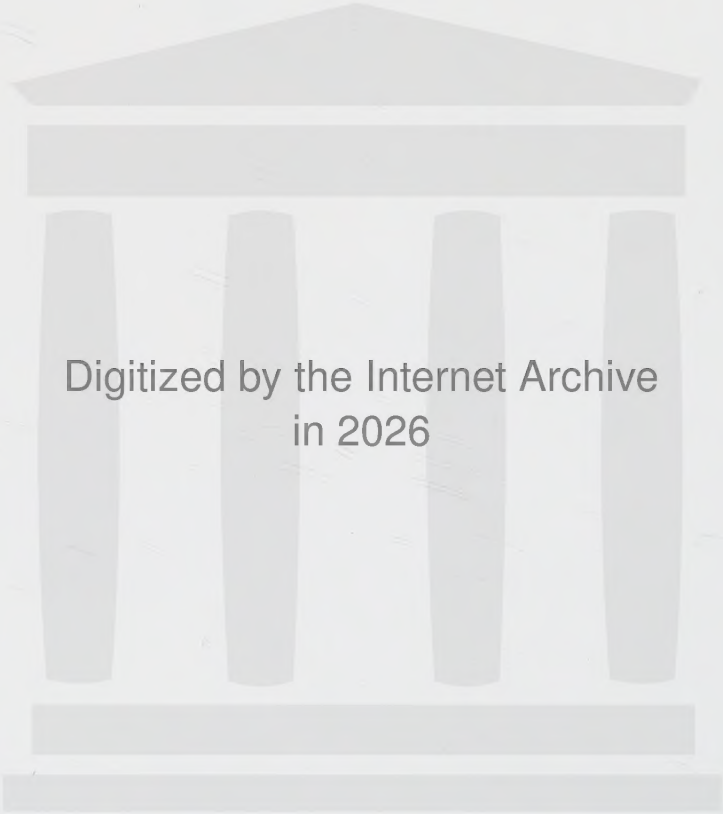
Siegfried Gödde

DIE WALDBRÄNDE IN DER SÜDLICHEN PROVENCE

eine geographische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Einflüsse

1973

1974


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547202_0027

Geographie

Die Waldbrände in der südlichen Provence - eine geographische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Einflüsse

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der
P h i l o s o p h i s c h e n F a k u l t ä t
der
Westfälischen Wilhelms-Universität zu
Münster (Westf.)

vorgelegt von
Siegfried Gödde
aus Geseke (Westf.)
1973

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Dezember 1973
Dekan: Prof. Dr. L. Budde
Referent: Prof. Dr. Dr. h.c. J. Blüthgen
Korreferent: Prof. Dr. H. Hambloch

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

VORWORT

Die vorliegende Dissertation entstand auf Anregung meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. J. BLÜTHGEN, der um meine Vorliebe für das mediterrane Frankreich wußte. Der plötzliche Tod dieses gütigen Doktorvaters, der mich durch nimmermüdes Verständnis und wertvolle Ratschläge förderte, erfüllt mich mit schmerzlicher Trauer. Ich werde dem verstorbenen Lehrer ein dankbares Gedächtnis bewahren.

Mein Dank gebührt auch Herrn Prof. Dr. H. HAMBLOCH, der in wiederholten Gutachten den Fortgang der Arbeit betreute und nach dem Ableben meines Doktorvaters das eingeleitete Promotionsverfahren zu Ende führte.

Weiterer Dank gilt den übrigen Dozenten und den Kommilitonen im Institut für Geographie und Länderkunde, die mir mannigfache Hinweise gaben.

Während meiner Aufenthalte in der südlichen Provence habe ich bei allen Behörden und Privatpersonen herzliche Aufnahme und Interesse für mein Anliegen erfahren. Stellvertretend für alle seien einige Personen genannt, ohne deren Mitarbeit die Dissertation nicht hätte angefertigt werden können:

Herr A. ORIEUX, Directeur de la région météorologique du Sud-Est, sowie die übrigen Meteorologen, die mich in zahlreichen Gesprächen in die Klimageographie der Provence einführten und mir großzügig Arbeitsplatz, Dokumentation und technische Hilfsmittel zur Verfügung stellten.

Herr G. PLAISANCE, Directeur du centre régional de la propriété forestière de Provence - Côte dAzur et de Corse, dessen Archiv und Kartensammlung eine ergiebige Fundgrube waren.

Die Forstbeamten der DIRECTIONS DEPARTEMENTALES DE L'AGRICULTURE, die mich auf wiederholten Exkursionen mit dem Wald der südlichen Provence vertraut machten.

Nicht zuletzt möchte ich meinen Eltern danken, die einen nicht geringen Anteil zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

I N H A L T

		Seite
Vorwort		III
Inhalt		IV
Abkürzungen		VI
1	EINLEITUNG	1
2	DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET	4
2.1	Lage und Grenzen	4
2.2	Das bodenplastische Gefüge	5
2.3	Die Bevölkerung	13
3	DER WALD	17
3.1	Der ursprüngliche Wald	17
3.2	Die Veränderung unter dem Einfluß des Menschen	22
3.3	Der heutige Wald	27
3.3.1	Verteilung und Besitz	27
3.3.2	Dominante und charakteristische Holzarten	32
3.3.3	Bedeutung für Produktion, Protektion und Rekreation	39
4	AUSMASS DER WALDBRÄNDE, ZÜNDURSACHEN UND BRENNBEREITSCHAFT DER WÄLDER	46
4.1	Historischer Überblick	46
4.2	Häufigkeit und Ausdehnung in räumlicher Verteilung	48
4.3	Die Zündursachen	55
4.4	Die Brennbereitschaft der Wälder	59
4.4.1	Die Entzündbarkeit der einzelnen Stockwerke	60
4.4.2	Menge, Verteilung, Dichte und Feuchtigkeitsgehalt des Brennmaterials	64
4.4.3	Die Entflammbarkeit der einzelnen Bestände	66

		Seite
5	KLIMAGEOGRAPHISCHE BETRACHTUNG DER WALDBRÄNDE	75
5.1	Das Klima der südlichen Provence	75
5.2	Analytische Untersuchung: Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände in Abhängigkeit von einzelnen Klimaelementen	84
5.2.1	Das Arbeitsverfahren	84
5.2.2	Höchst- und Mitteltemperatur	91
5.2.3	Niedrigste und mittlere relative Luftfeuchtigkeit	97
5.2.4	Vorausgegangene Niederschlagslosigkeit	104
5.2.5	Wasserreserve im Boden	110
5.2.6	Mittlere und maximale Windgeschwindigkeit	117
5.2.7	Windrichtung	122
5.3	Regressions- und Korrelationsanalyse zur Errechnung des Waldbrandrisikos	128
5.4	Synoptische Untersuchung: Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände in Abhängigkeit von Wetterlagen	137
5.4.1	Großwetterlagen und -typen nach HESS-BREZOWSKY	137
5.4.2	Höhenwinde im 700 mb-Niveau	143
5.4.3	Exemplarische Behandlung eines Waldbrandes bei Mistrallage (15.- 17. Juli 1970)	147
5.4.4	Waldbrände während des Winters in der Hochprovence	159
6	MASSNAHMEN ZUM SCHUTZ UND ZUR WIEDERHERSTELLUNG DES WALDES	166
6.1	Die Gesetzgebung	166
6.2	Wachttürme und Patrouillen	168
6.3	Erschließungswege und Hubschrauberlandeplätze	171
6.4	Brandschneisen und Brandriegel	174
6.5	Wasserstellen	179
6.6	Die ehemaligen 'harkis'	182
6.7	Die Schutzzonen	184
6.7.1	Die Schutzzone Maures	185
6.7.2	Die Schutzzone Calanques - Ste.Baume	189

Seite

6.7.3 Die Schutzzone Valbonne 193
6.8 Der aktive Kampf 195
6.9 Die Wiederaufforstung 199

LITERATUR 206

BILDANHANG 221

Abkürzungen

A.-M.	Alpes-Maritimes
B.-d.-Rh.	Bouches-du-Rhône
C.E.R.A.F.E.R.	Centre National d'Etudes Techniques et de Recherches Technologiques pour l'Agriculture, les Forêts et l'Equipement Rural
C.N.R.S.	Centre National de la Recherche Scientifique
C.R.P.F.	Centre Régional de la Propriété Forestière
D.D.A.	Direction Départementale de l'Agriculture
I.N.S.E.E.	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
METEOR. NAT.	Météorologie Nationale
O.N.F.	Office National des Forêts
S.D.I.S.	Service Départemental d'Incendie et de Secours
S.R.A.F.	Service Régional d'Aménagement Forestier

1 EINLEITUNG

Waldbrände sind heute wie früher für viele Regionen von Bedeutung. Man denke zum Beispiel an die Ausbreitung der Savannen auf Kosten des Waldes oder an die Waldbrände Rußlands, die noch im vergangenen Jahr monatelang wüteten.

Eine globale Waldbrandstatistik gibt es nicht; die jährliche Brandfläche beträgt schätzungsweise zehn Millionen Hektar. Den größten Tribut zahlen die Sowjetunion, Nordamerika und Australien. Auch in den Entwicklungsländern fallen vermutlich große Waldflächen den Bränden zum Opfer, doch fehlen diesbezügliche Zahlenangaben.

Welches Ausmaß haben die Waldbrände in Europa (ohne SU)? Laut Auskunft der FAO hat der westmediterrane Raum am meisten unter dieser Geißel zu leiden: Spanien, Südfrankreich und Italien stehen mit weitem Abstand an der Spitze der Waldbrandstatistik. Im übrigen Europa spielen die Waldbrände eine untergeordnete Rolle, mit Ausnahme Schwedens, das eine jährliche Brandfläche mäßiger Ausdehnung verzeichnet.
Gewiß erreichen die Waldbrände im westmediterranen Raum längst nicht die gewaltige Größe der Brände Sibiriens oder Kanadas. Deswegen richten sie aber nicht weniger Schaden an, da sie inmitten dichtbesiedelter, intensiv bewirtschafteter Gebiete stattfinden und nicht in menschenleeren, wenig genutzten Räumen. Sie gefährden nicht nur den Wald, sondern ebenfalls das Leben und die Güter der Menschen. Die Bürde wiegt um so schwerer, da die Anrainer des westlichen Mittelmeeres bevorzugte Fremdenverkehrsgebiete sind.

Trotz ihrer weltweiten Bedeutung wurden die Waldbrände von der Geographie stiefmütterlich behandelt. Für Mitteleuropa

gibt es offenbar keine geographische Veröffentlichung, die sich mit dem Phänomen Waldbrand auseinandersetzt; für Südeuropa existieren nur kürzere Aufsätze zu diesem Problem. Bisher blieb es anderen Fachrichtungen, der Botanik, Forstwissenschaft und auch der Meteorologie überlassen, unter dem jeweiligen fachspezifischen Blickwinkel die Waldbrände zu untersuchen.

So auch in Mittelmeerfrankreich, wo folgende Institutionen den Waldbränden wissenschaftliches Interesse schenken:

Das traditionsreiche CENTRE D'ETUDES PHYTOSOCIOLOGIQUES ET ECOLOGIQUES in Montpellier und das Botanische Institut der Universität Marseille unter R. u. R. MOLINIER. Beide Anstalten erforschen die Auswirkungen des Feuers auf die Vegetation, insbesondere die pflanzensoziologischen Veränderungen und Sukzessionsstadien.

Die Anstrengungen der Forstbehörden C.E.R.A.F.E.R. und D.D.A. gelten den Schutzeinrichtungen.

Ferner befaßt sich das CENTRE D'ETUDES REGIONAL DE LA PROTECTION CIVILE mit den Waldbränden, indem es die Bekämpfungsmaßnahmen verbessert.

In dieselbe Richtung zielt eine Dissertation der Naturwissenschaftlichen Fakultät von Marseille (DROUET 1972), die chemische Bekämpfungsmittel und andere Abwehrtechniken behandelt.

Es fehlt also eine Untersuchung, die über die speziellen Fragestellungen hinausgeht und das vielschichtige Waldbrandproblem in geographischer Sicht erfaßt. Diese Lücke soll durch die vorliegende Arbeit geschlossen werden, die folgenden Fragenkreisen nachgeht: die Stellung des Waldes im geographischen Ökosystem der Provence - räumliche Verteilung der Waldbrände - ihre Häufigkeit und Ausdehnung - die Belastung für die Forstwirtschaft - die Brennbereit-

schaft der Wälder in Abhängigkeit von der floristischen Zusammensetzung und der Bewirtschaftung - die Zündursachen - der Einfluß verschiedener Klimaelemente sowie der Wetterlagen auf die Waldbrände - Bestimmung des Waldbrandrisikos - Maßnahmen zum Schutz des Waldes, der Menschen und der Siedlungen - die Wiederaufforstung. Ein besonderes Gewicht wird auf die klimageographische Betrachtung der Waldbrände gelegt, weil dort exakte Ergebnisse zu erwarten sind.

In methodischer Hinsicht werden neben den bewährten Arbeitsweisen wie Quellenauswertung, Karteninterpretation, Geländeaufnahme u.a. neue statistische Verfahren angewendet, um gesicherte Resultate zu erlangen.

Die Untersuchung soll nicht nur für die südliche Provence Gewinn bringen, sondern darüber hinaus Wege aufzeigen für weitere geographische Arbeiten auf diesem Gebiet.

2 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

2.1 Lage und Grenzen

Das Untersuchungsgebiet bildet das Kernstück der Provence, die sich freilich weiter nach Norden bis an die Dauphiné erstreckt. Zusammen mit Korsika und dem Languedoc-Roussillon bildet es den Midi, der durch seine Lage am Mittelmeer geprägt ist. So ähnelt er in Klima, Vegetation und historischer Entwicklung den anderen westmediterranen Ländern, während er sich vom übrigen, atlantischen Frankreich deutlich unterscheidet.

Markante, zumeist natürliche Grenzen umreißen das Untersuchungsgebiet. Die Rhone unterhalb Avignon bis zur Mündung der Kleinen Rhone bildet die Westgrenze. Im Süden wird es vom Löwen- und Genuagolf gesäumt. Die französisch-italienische Grenze, die vorwiegend auf der Wasserscheide zwischen den Flüssen Var und Po verläuft, stellt die Ostgrenze dar. Die nördliche Grenze folgt zunächst der unteren Durance, sodann ihrem Nebenfluß Verdon bis zur Höhe von St.Auban. Von dort wird sie durch die Grenze zwischen den Departements Alpes-de-Haute-Provence und Alpes-Maritimes fortgesetzt, um südlich des Col de Larche auf die französisch-italienische Grenze zu treffen.

Der so umschriebene Raum hat eine Fläche von 15 581 km^2, was der Größe Schleswig-Holsteins entspricht. Die mittlere West-Ost-Erstreckung beträgt 230 km, die Nord-Süd-Ausdehnung schwankt zwischen 40 und 100 km.

2.2 Das bodenplastische Gefüge (Karte 1, S.12)

Das Untersuchungsgebiet hat Anteil an der Nieder- und Hochprovence, die durch die 1000 m-Isohypse getrennt werden.

Die Niederprovence läßt sich in eine schmale Tieflands- und eine weite Mittelgebirgszone gliedern.

Das Tiefland besitzt lediglich im Westen eine größere Ausdehnung: die pliozäne Schotterfläche der Crau, die pleistozänen Flußebenen an Durance und Rhone, die holozäne Camargue.

Ein geschlossenen Tiefland längs der Küste ist nicht ausgebildet. Dort beschränkt es sich auf kleine Flächen, vorzugsweise an Flußmündungen: die Ebene von Hyères, das Hinterland von St.Tropez, das untere Tal des Argens, das Delta des Var etc.

Die Böden der Aufschüttungsebenen bestehen teils aus Schottern, verfestigt oder nicht; die Bestockung mit Wald entfällt. Teils sind sie tief und fruchtbar; dort ist der Wald zugunsten des Ackerbaues verdrängt. In der Camargue sind die Böden versalzen und von einer forstwirtschaftlichen Nutzung ausgeschlossen.

Die Mittelgebirgszone nimmt den weitaus größten Teil der Niederprovence ein. Sie steigt vom Tiefland im Westen nach Norden und Osten an, um im Nordosten von der Hochprovence überragt zu werden.

Die Mittelgebirgslandschaft wird überwiegend durch ein mesozoisches, im Tertiär gefaltetes Kalkbergland gebildet. Sie verdankt ihr Relief der pyrenäischen Phase innerhalb der alpinen Orogenese, die ostwestlich gerichtete, kulissenartig hintereinander aufgebaute Ketten schuf: Alpilles (493 m), Ste.Victoire (1011 m), Montagne d'Artigues (647m), Gros Bessillon (813 m), Chaîne de l'Estaque (280 m), Chaîne de St.Cyr (646 m), Ste.Baume (1154 m), Mont Aurélien

(880 m), Mont Caume (801 m), La Loube (830 m), Gros Cerveau (429 m), Faron (542 m) etc.

Zwischen den Kalkketten, die durch das torrentielle Abflußregime eine Versteilung der Hänge erfahren haben, liegen zahlreiche Synklinalen, mit pleistozänen und holozänen Sedimenten aufgefüllt. Stellenweise breiten sich in den harten Jura- und Kreidekalken höher gelegene Plateaus aus. Karstphänomene wie unterirdische Entwässerung, Höhlen, Dolinen und Poljen sind weitere Merkmale der Kalkniederprovence.

Somit zeigt sich dem Beobachter eine abwechslungsreiche Landschaft, wie sie in den Romanen Daudets und den Bildern Cézannes vermittelt wird.

Die Böden sind sehr unterschiedlich. Während an vielen Hängen der nackte Fels sichtbar wird, ist in den Becken fruchtbarer Boden zusammengeschwemmt worden. Es überwiegen Kalk- und Mergelböden, deren Mächtigkeit, Entwicklungsgrad und Kalziumkarbonatgehalt schwanken. Durch Ausscheidung eisenoxyd- und aluminiumhydroxydreicher Verbindungen sind lokal Terra rossa-Böden entstanden, z.B. bei Les Baux und Brignoles.

Der zweite Teil der niederprovenzalischen Mittelgebirgslandschaft wird durch die kristallinen Massive Maures, Estérel und Tanneron dargestellt. Sie gehören als Restschollen der Tyrrhenischen Masse an, die bis ins Miozän das westliche Mittelmeerbecken einnahm.

Die Maures (779 m), ein Rumpfgebirge mit weichen, abgerundeten Kuppen und kleinen Verebnungsflächen, verlaufen in vier parallelen Zügen von SW nach NE. Die Höhenzüge, deren südlichster die Hyèrischen Inseln bildet, begrenzen Längstäler; unter dem Einfluß geologischer Störungen, verursacht durch die benachbarte alpine Orogenese, und der Erosion entstanden senkrecht dazu verlaufende Quertäler, so daß sich heute ein komplexes Gebilde darbietet. Das

Muttergestein besteht aus Gneis, Granit und Glimmerschiefern. Es verwittert schnell zu einem armen und kalten sauren Boden, der sich für die Waldbestockung anbietet. Die tiefe Spaltenbildung erleichtert das Eindringen der Wurzeln.

Von ähnlich dunkler (prov. maouro = dunkler Wald) und schwerer Physiognomie ist das Tanneronmassiv (519 m), das auch die gleiche Struktur besitzt.

Hingegen prägen bizarre Formen und bunte Farben das benachbarte Estérel (618 m). Der rote Porphyr, lokal auch blaue, grüne, gelbe und violette Varietäten bilden einen pittoresken Kontrast zum kobaltblauen Meer.

Getrennt wird die kristalline Niederprovence von der Kalkniederprovence durch eine permische Senke. Sie umschließt die Maures auf ihrer binnenwärtigen Flanke. Mit mächtigen Sandsteinen und Tonschiefern gefüllt, eignet sie sich wegen mangelnder Fruchtbarkeit nur bedingt für forstliche Nutzung.

Die Hochprovence läßt sich in eine Voralpen- und Alpenzone gliedern, die durch die 2000 m-Höhenlinie getrennt werden.

Die Voralpen werden ihrerseits unterteilt in die Voralpen von Grasse und in die von Nizza.

Unvermittelt steigen die Voralpen von Grasse über die Niederprovence empor; sie bilden eine Mauer, die, von Digne kommend, am Verdon nach Osten umbiegt und nördlich der Linie Draguignan-Grasse-Vence zum unteren Var führt.

Charakteristisch sind verkarstete Hochplateaus (frz. plan) in 1000 - 1500 m Höhe: Plan de Canjuers, Plan de Caussols.

Zum Teil ohne Bodenbedeckung, bilden sie auf weite Strecken Steinwüsten. Sie werden in westöstlicher Richtung von leuchtend weißen Jura- und Kreidekalkgebirgen durchzogen: Lachens (1715 m), Charamel (1686 m), Montagne de Thorenc (1656 m), Cheiron (1777 m) etc.

Neben den Gebirgsstaffeln tragen enge Klusen zur Gliederung der Karstplateaus bei. Verdon, Siagne, Loup, Estéron und ihre Nebenflüsse haben sich in Engtalstrecken mehrere hundert Meter tief eingeschnitten: Clue de St.Auban, Clue d'Aiglun, Clue de Riolan, Gorges du Loup, Grand Canyon du Verdon.

Im Untergrund ähnlich, jedoch verschieden im Relief sind die Voralpen von Nizza, östlich des Flusses Var gelegen. Nordsüdliche Strukturlinien, in der savischen und rhodanischen Phase der alpinen Ära angelegt, beherrschen die Landschaft. Steil fallen die Antiklinalen zum Meer ab; der Höhenunterschied von 1150 m zwischen dem Mont Agel und der monegassischen Küste wird auf weniger als drei Kilometern überwunden. Einige Vorgebirge, Cap de Nice, Cap Ferrat, Cap d'Ail und Cap Martin setzen die Falten fort. Die gewaltige Reliefenergie und die starke Zertalung haben eine stete Bodenerosion zur Folge, teurer Preis für die einmalige landschaftliche Schönheit.

Die Alpenzone bleibt auf den nordöstlichen Zipfel des Untersuchungsgebietes beschränkt. Sie wird durch die Seealpen vertreten, die bis an das Längstal des mittleren Var und an die Bévera reichen.

Ihren Kern bildet das kristalline, ellipsenförmige Mercantour-Argentera Massiv, das sich von NW nach SE auf beiden Seiten der französisch-italienischen Grenze hinzieht. Als südlichstes Glied in der Kette der kristallinen Alpenmassive stellt es das Dach des Untersuchungsgebietes dar:

Gélas (3143 m), Clapier (3045 m), Malédie (3061 m). Der Untergrund aus Gneis und Granit gibt einen silikatischen Boden, der jedoch wegen des steilen Reliefs leicht fortgespült wird.

Die sedimentäre Umhüllung füllt den größeren Teil der Seealpen aus. Sie wird durch die nordsüdlich strömenden Flüsse oberer Var, Cians, Tinée, Vésubie und Roya in 2000 - 2500 m hohe Gebirgsstöcke zerlegt.

Die widerständigen Sandsteine des Perm, in der Kuppel des Barot (2137 m) aufgewölbt, tragen nur langsam zur Bodenbildung bei. Auf den harten jurassischen und kretazischen Kalken findet sich ein magerer Skelettboden. Die mittelharten Mergelkalke und die weichen Mergel verwittern zwar schnell, sind jedoch anfällig für badlandartige Hangzerschneidung und Bodenzerstörung.

Zur gesteinsbedingten Oberflächengestalt tritt die glaziale Überformung. Trogtäler und Kare, im kristallinen Mercantour auch Rundhöcker und seenerfüllte Wannen, zeugen von der glazialen Erosion; Moränen spiegeln die Akkumulation wider.

Schließlich gestalten Massenbewegungen in Form von Muren, Schutthalden und Bergstürzen (Roquebillière 1926) die Landschaft der Seealpen.

Die bodenplastischen Formenlandschaften des Untersuchungsgebietes lassen sich in zonaler und azonaler Gliederung zusammenfassen.

Eine Gliederung nach Relief und Höhe ergibt die Zonen: Tiefland, Mittelgebirge, Voralpen, Alpen. Diese Zonierung bewirkt eine Höhenstufung des Waldes.

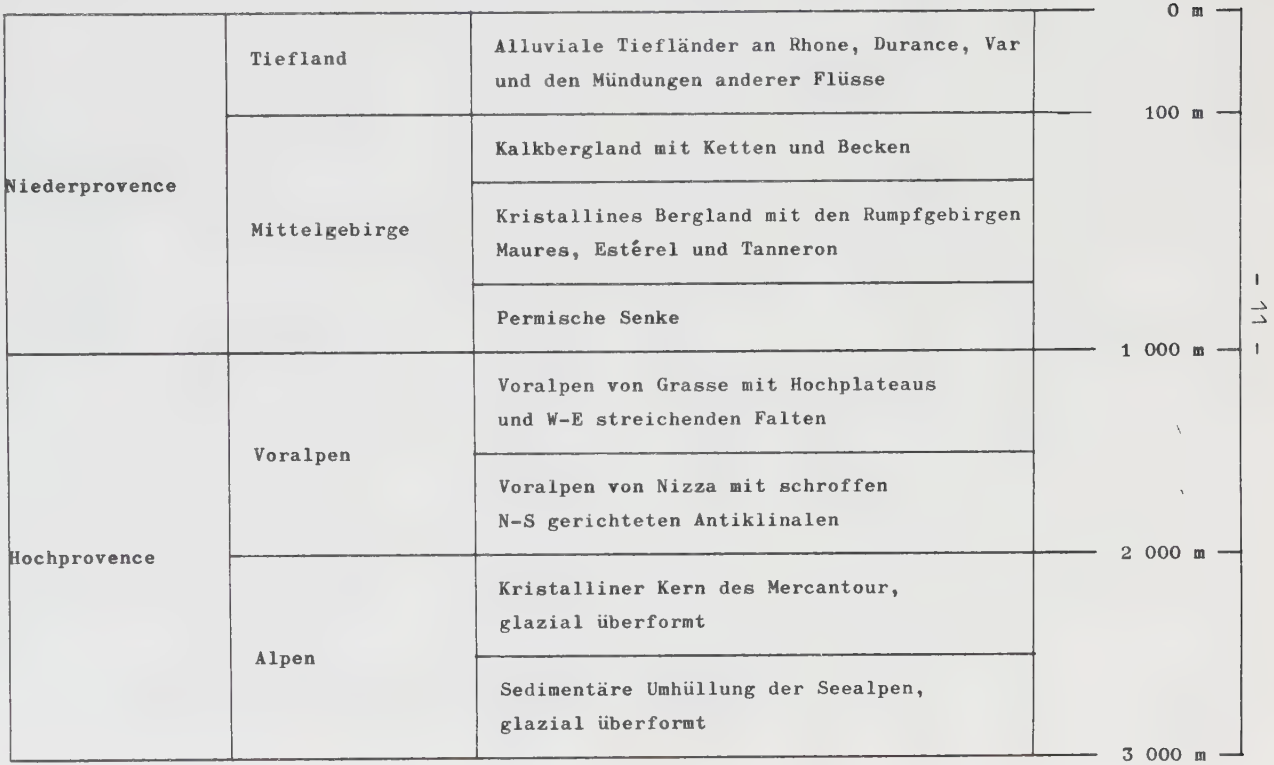
Eine Gliederung der Böden hat als Resultat folgende azonale Verteilung: silikatische Böden auf Kristallin und Sandstein, Calziumkarbonatböden auf Kalk und Mergel, jüngere und ältere Alluvialböden in den unteren Flußtälern. Sie bestimmt die Verbreitung von acidophilen, basophilen und hygrophilen Holzarten.

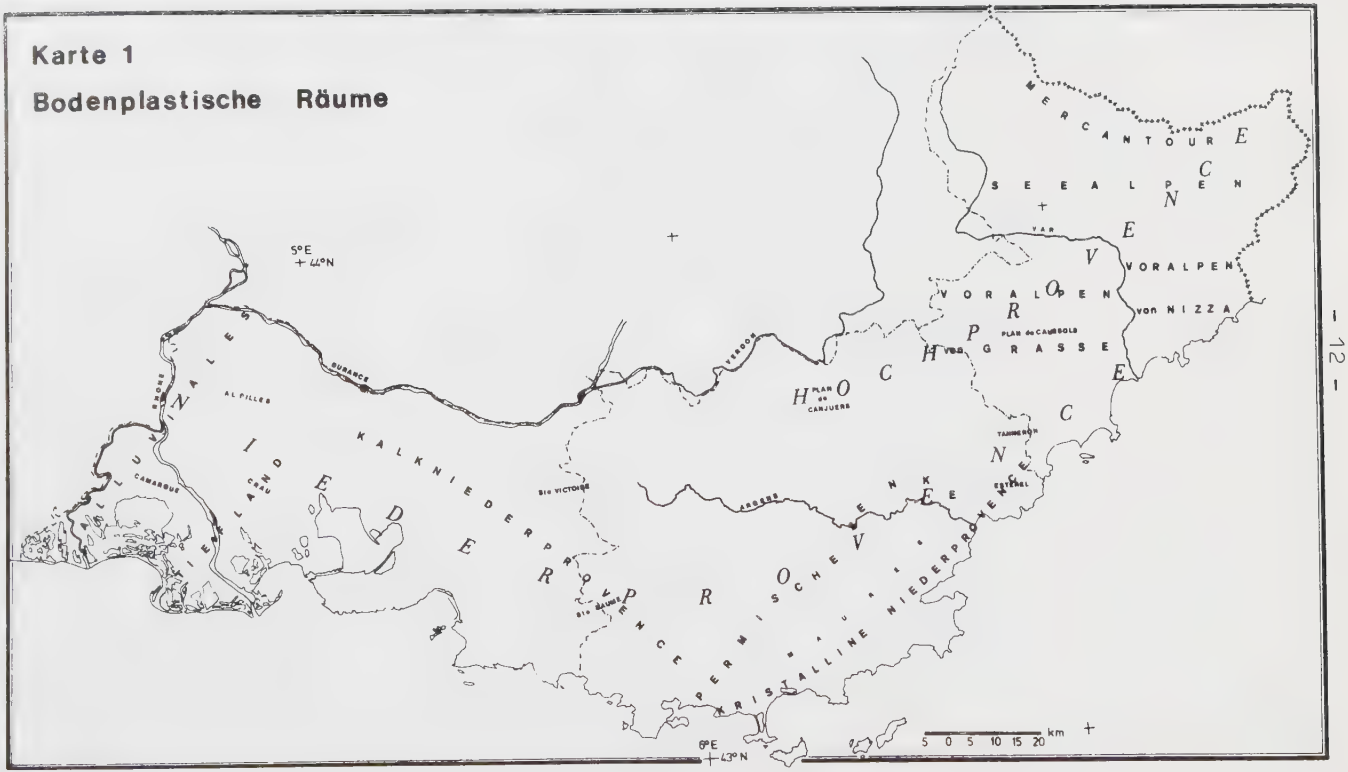
Ein drittes Ordnungsprinzip liefert die Exposition, die mit dem Relief verknüpft ist. Im gesamten Untersuchungsgebiet herrscht die Ost-West-Richtung vor. Sie ist in der Niederprovence und in den Voralpen von Grasse durch die Faltung angelegt; in den Voralpen von Nizza und in den Seealpen ist sie durch quartäre Zertalung bedingt. Dort verlaufen zwar die Haupttäler dem Gefälle folgend in nord-südlicher Richtung. Die zahlreichen Nebentäler sind jedoch westöstlich orientiert und schaffen eine Vielzahl von Licht- und Schattenhängen (prov. adret, ubac). Sie erklären die Verteilung von Licht- und Schattenhölzern. Obendrein wird die Wirkung der Exposition verschärft durch die Steilheit der Hänge. Sie liegt im allgemeinen zwischen 30 % und 50 %, kann in den Seealpen 100 % überschreiten.

Dagegen sind Ost- und Westhänge (prov. levant, ponent) seltener; ihre pflanzengeographischen Besonderheiten sind gering und nicht relevant für die vorliegende Untersuchung.

Einen Überblick über das bodenplastische Gefüge, zu dessen Beschreibung die Arbeiten von BLANCHARD (1960), KÖPPERN (1954), MARTONNE (1942), PINCHEMEL (1969) und SION (1932) herangezogen wurden, geben die nachfolgende Abbildung 1 (S. 11) und die Karte 1 (S. 12).

Abb. 1 Naturräumliche Gliederung




Karte 1
Bodenplastische Räume
5°E
+ 44°N
6°E
+ 43°N
+
+
+

2.3 Die Bevölkerung

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die drei Departements Bouches-du-Rhône (5255 km^2), Var (6033 km^2) und Alpes-Maritimes (4293 km^2). Die Präfekturen haben ihren Sitz in Marseille, Draguignan und Nizza.

Das Dep. Var trägt seinen Namen heute zu Unrecht; denn das Arrondissement Grasse, das der namengebende Fluß Var streift, gehört nicht mehr zum Dep. Var. Es bildet seit 1860 zusammen mit der ehemaligen Grafschaft Nizza, die bis dahin zu den sardischen Ländern Sardinien, Piemont und Savoyen gehörte, das Dep. Alpes-Maritimes.

Die drei Departements bilden den Küstenstreifen der Region Provence-Côte d'Azur, die außer diesen die Binnendepartements Vaucluse, Alpes-de-Haute-Provence und Hautes-Alpes umschließt.

Die Bezeichnung 'Côte d'Azur' wird im Fremdenverkehr, z.B. vom Michelin-Reiseführer, fälschlich auf die gesamte provenzalische Küste ausgedehnt. In der vorliegenden Arbeit bleibt sie auf den Küstenabschnitt des Dep. Alpes-Maritimes beschränkt, in Einklang mit den Geographen CARRERE, CHABOT, DUGRAND, SION et al. und mit dem Sprachgebrauch der einheimischen Bevölkerung.

Das Untersuchungsgebiet hat 2 752 420 Einwohner, was eine Bevölkerungsdichte von 177 E/km^2 ergibt. (Alle Zahlenangaben dieses Abschnittes stammen vom Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques und vom Service Régional de l'Equipement de Provence-Côte d'Azur; sie beziehen sich auf das Jahr 1968.) Es erscheint dicht besiedelt im Vergleich mit dem Landesdurchschnitt von 91 E/km^2.

Die Bevölkerungsverteilung ist höchst ungleichmäßig. Das zeigt bereits die unterschiedliche Dichte der drei Departements: Bouches-du-Rhône 280 E/km^2, Var 93 E/km^2, Alpes-Maritimes 168 E/km^2. Die wahre Verteilung tritt zu Tage,

wenn man die urbanisierten und industrialisierten Zonen den agrarischen Gebieten gegenüberstellt (im Wortlaut der frz. Statistik: Zones de peuplement industriel et urbain; régions agricoles).

82 % der Bevölkerung leben in der urbanisierten und industrialisierten Zone, welche die untere Rhone mit dem Etang de Berre verbindet und sich sodann längs der provenzalischen Küste in einer Tiefe von 10 - 20 km erstreckt. In der Umgebung der Großstädte Marseille, Toulon und Nizza verdichtet sie sich zu Ballungsräumen.

Dagegen wird das Landesinnere von der Bevölkerung gemieden. Dieser Gegensatz verschärft sich von W nach E; im Dep. Alpes-Maritimes leben schließlich nur 4 % der Einwohner im Inneren, das 80 % der Fläche ausmacht. Einer Bevölkerungsdichte von 9 E/km^2 im Binnenland steht eine Dichte von 784 E/km^2 an der Côte d'Azur gegenüber!

Zur permanenten Bevölkerung gesellt sich die Menge der temporären Bevölkerung, ist doch der Untersuchungsraum das erste Fremdenverkehrsgebiet Frankreichs, wenn nicht Europas. Die Zahl der jährlichen Übernachtungen, die bei 75 Mill. liegt, verteilt sich folgendermaßen auf die drei Departements: Bouches-du-Rhône 15 Mill., Var 28 Mill., Alpes-Maritimes 32 Mill.

Da der Touristenstrom die ohnehin dichtbesiedelte Küste bevorzugt, treten periodisch eine Übersättigung und ihre unangenehmen Begleiterscheinungen auf.

Eine Skizzierung der Bevölkerungsentwicklung erklärt ihre heutige Verteilung und erlaubt eine vage Vorausschau der künftigen Tendenz. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts erlebt die südliche Provence einen steten und steilen Anstieg der Bevölkerungszahlen. Sie haben sich von der Mitte des vorigen Jahrhunderts bis heute mehr als verdreifacht, während die Zunahme auf nationaler Ebene 40 % beträgt. Die starke

Progression basiert nur in geringem Maße auf der natürlichen Zuwachsrate. Diese war in der Tat im Dep. Alpes-Maritimes von 1954 - 1968 gleich Null, während die Bevölkerung um 42 % anstieg. Die rapide Aufwärtsentwicklung ist fast ausschließlich der Zuwanderung von Franzosen und Ausländern zu verdanken; eine Verstärkung erfuhr sie durch die Repatriierung der in Nordafrika lebenden Franzosen (frz. pied noir). Aber über die durch besondere Umstände hervorgerufenen Einwanderungen hinaus scheint der Aufwärtstrend dauerhaft zu sein, gebunden an die außergewöhnliche Attraktivität der südlichen Provence.

Die Bevölkerungsbewegungen innerhalb des Untersuchungsgebietes akzentuieren die Diskrepanz zwischen der Küste und dem Landesinnern. In der küstenfernen Provence, z.B. im NE des Dep. Var, stagniert die Bevölkerungszahl oder ist rückläufig. Die Jugend verläßt die ländlichen Siedlungen und zieht nach Fréjus, St.Raphael oder Cannes; eine überalterte Bevölkerung bleibt zurück. Noch deutlicher offenbaren sich die Gegensätze im Dep. Alpes-Maritimes: in den letzten hundert Jahren ging die Bevölkerung des Landesinnern um 41 % zurück, an der Côte d'Azur wuchs sie um 460 % (BRAVARD 1961).

Welche Folgen für die Landschaft, insbesondere für ihren Wald, resultieren aus dieser Entwicklung?
Die Landflucht in der inneren Provence führt zu einer Vergrößerung des Waldareals: das Kulturland fällt wüst, verbuscht und wird schließlich vom Wald, vor allem vom Kiefernwald, erobert. Aber es entsteht kein Forst, sondern ein ungepflegter, brandanfälliger Wald. Ebenso verwildern nach Abwanderung der Landbewohner die übrigen Wälder.

Weitaus bedrohlicher als der ländliche Exodus ist der demographische Druck in der Küstenprovence. Nicht nur die ständig wachsende Zahl der Bewohner, sondern auch ihre verän-

derte Lebensweise haben einen ungebremsten Konsum der Landschaft und des Waldes mit sich gebracht. Zu viele Leute versuchen, ein Stück ursprüngliche provenzalische Landschaft mit Pinienhain, Felsklippen und Meerblick zu erwerben. Zügellose Spekulation, Grundstückspreise, die in der Umgebung von Antibes 1000 FF/m^2 überschritten haben, bedrängen öffentliche und private Waldbesitzer. Großstädtische Hochhäuser und verstreut liegende Villen zernagen den Wald.

Neben dem Wohnungsbau tragen Industrieansiedlung (Schmelzhütten am Golf von Fos) und Ausbau der Verkehrsanlagen (Flugplätze, Autobahnen) zur Zerstörung des Waldes bei.

3 DER WALD

3.1 Der ursprüngliche Wald

Ein Abriß des ursprünglichen Waldes und seiner Veränderung erscheint aus zwei Gründen gerechtfertigt:

- Die Kenntnis des ursprünglichen Waldes und seiner Degradation kann helfen, diese Degradation aufzuhalten.
- Eine auf den ursprünglichen Wald hinzielende Wiederaufforstung verspricht einen höheren Erfolg als künstliche Versuche.

Unter dem Begriff 'ursprünglicher Wald' wird sein Zustand am Ausgang der Bronzezeit um 800 v.Chr. verstanden. Dieser Zeitpunkt erscheint zweckmäßig, weil er einerseits vor den massiven Eingriffen des Menschen, eingeleitet durch die Gründung Massilias im 6. vorchr. Jahrhundert, gelegen ist. Andererseits liegt er nach den postglazialen Klimaschwankungen.

R. und R. MOLINIER (1970) beschreiben den ursprünglichen Wald in der südlichen Provence: Es war eine geschlossene Waldbedeckung vorhanden, die nur einen schmalen, mit Dünen besetzten Küstenstreifen, mehr oder weniger senkrechte Felswände und die alpinen Matten oberhalb der Waldgrenze aussparte. Der Wald stand im vollkommenen Einklang mit den klimatischen, edaphischen und biotischen Gegebenheiten seiner Umwelt.

Der Anstieg von der Rhone und vom Mittelmeer bis hin zu den Alpen gliederte den Wald in vier Höhenstufen (vgl. OZENDA 1966).

- eumediterrane Stufe	0 - 500 m
- submediterrane Stufe	500 - 800 m
- montane Stufe	800 - 1500 m
- subalpine Stufe	1500 - 2300 m

Eumediterrane Stufe

Im ursprünglichen Wald trug die eumediterrane Stufe immergrüne Laubwälder, die sich in folgende Assoziationen untergliedern ließen. (Die Pflanzen der Krautschicht werden an späterer Stelle, 4.4, im Zusammenhang mit der Brennbereitschaft des Waldes behandelt.)

Oleo-Lentiscetum

Dieser Gürtel blieb auf einen schmalen Streifen längs der Côte d'Azur zwischen Nizza und Menton, den wintermildesten Teil des Untersuchungsgebietes, beschränkt. Es war weniger ein Hoch- als vielmehr ein Buschwald aus Oleaster, Pistazie und Johannisbrotbaum, überragt von Aleppokiefer.
Eine ungefähre Vorstellung dieser Assoziation gibt das Bild 1 (S.222).

Baumschicht,	z.T. buschartig ausgebildet: Olea europaea, Pistacia lentiscus, Ceratonia siliqua, Pinus halepensis.
Strauchschicht,	z.T. kleine Bäumchen bildend: Myrtus communis, Euphorbia dendroides, Smilax aspera.

Quercetum ilicis

Im Gegensatz zum schmalen Streifen des Oleo-Lentiscetum bedeckte die Steineichenassoziation die größten Flächen der südlichen Provence (BRAUN-BLANQUET 1936). Indifferent gegenüber dem Substrat, bestockte die Steineiche Kalk- und kristalline Niederprovence. Ihre Begleitflora war allerdings unterschiedlich, kalk- bzw. kieselhold, geprägt. Die vielfach unterstellte Vorliebe für den Kalkuntergrund ist so zu erklären, daß Kalkböden mehr dem Wärmebedürfnis der Steineiche entsprechen als saure, kalte Böden (ROL/JACAMON 1968). Bild 2 (S.222) zeigt einen Rest der Steineichenhochwälder.

Baumschicht: fast ausschließlich Quercus ilex, hier und dort Pinus halepensis.

Strauchschicht: Phillyrea media, Phillyrea angustifolia, Viburnum tinus, Rhamnus alternus, Quercus coccifera.

In der kieselholden Steineichenassoziation war die Strauchschicht durch Cytisus triflorus, Genista candicans, Erica arborea und Arbutus unedo vertreten. - Pinus halepensis war ersetzt durch Pinus pinaster.

Quercetum ilicis suberetosum (Subassoziation)

Zwar dominiert heute die Korkeiche (Quercus suber) zuungunsten der Steineiche in der kristallinen Niederprovence, doch räumt ihr MOLINIER (1970) nur eine untergeordnete Rolle im ursprünglichen Wald ein. Ihre gegenwärtige Vorherrschaft verdankt sie der Resistenz gegen Waldbrände und der Verbreitung durch den Menschen, der ihre Borke schätzt (Synanthrope Arealvergrößerung).

Daß auch auf silikatischen Böden die Stein- und nicht die Korkeiche die Klimax darstellt, wird heute auf den Hyèrischen Inseln augenscheinlich. In dem von Menschen ungenutzten und von Waldbränden verschonten Nationalpark Port-Cros breitet sich die Steineiche aus (MOLINIER 1963).
So werden auch im ursprünglichen Wald die Korkeichen auf einige, ihrem Feuchtigkeits- und Lichtbedürfnis entsprechende Standorte innerhalb des Steineichenhochwaldes beschränkt gewesen sein. Ihre Begleitflora ähnelte der des acidophilen Steineichenwaldes, war jedoch üppiger auf Grund der weitständigen Bäume.

Der eumediterrane Wald bestand also vorwiegend aus immergrünen Stein- und einigen Korkeichen. Die Kermeseiche (Quercus coccifera), heute in der Kalkniederprovence weit verbreitet, spielte eine sekundäre Rolle in der Strauchschicht des Quercetum ilicis.

Die gegenwärtig ebenfalls ausgedehnten Nadelwälder von Pinus halepensis, Pinus pinaster und in bescheidenem Umfang Pinus pinea waren nur inselhaft vertreten.

Submediterrane Stufe

Mit zunehmender Höhe wurde der eumediterrane Bereich vom Quercetum pubescentis umrahmt. Die Flaumeichenassoziation entsprach einem feuchteren und weniger heißen Klima. Anders als im immergrünen, ganzjährig gleichbleibenden Steineichenwald machte sich hier der phänologische Rhythmus bemerkbar. Das Licht konnte nach dem Laubfall von Herbst bis Frühjahr ungehindert eindringen und begünstigte die Entwicklung einer ungleich vielfältigeren Strauchschicht als der des Steineichenwaldes.

Baumschicht:	Quercus pubescens, Acer monspessulanum, Acer campestre, Acer opalus, Sorbus aria, Sorbus domestica, Tilia platyphyllos, Ilex aquifolium. In den Tälern der Voralpen von Nizza gesellte sich zur Flaumeiche die Hopfenbuche (Ostrya carpinifolia), die dort die Westgrenze ihres Areals erreicht.
Strauchschicht:	Hedera helix, Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea, Lonicera etrusca, Amelanchier ovalis, Juniperus communis, Crataegus monogyna, Cornus mas, Cystisus sesselifolius, Coronilla emerus, Daphne laureola, Buxus sempervirens.

Montane Stufe

In der Hochprovence und in einigen Exklaven der Kalkniederprovence war die mitteleuropäische Assoziation des Fagetum silvaticae heimisch. Sie bildete einen 30 - 40 m hohen, geschlossenen Hochwald, wie er bis heute auf dem Schattenhang der Ste.Baume-Kette erhalten geblieben ist. (Bilder 3 und 4, S. 223)

Baumschicht: Fagus silvatica, Acer opalus, Tilia platyphyllos, Taxus baccata, Ilex aquifolium.

Strauchschicht: Evonymus latifolius, Corylus avellana, Ribes alpinum, Lonicera xylosteum.

Subalpine Stufe

Oberhalb der Laubhölzer fing die inneralpine Nadelwaldzone an, beginnend mit Pinus sylvestris. Darüber folgten die Assoziationen von Abies pectinata und Picea abies, in denen auch Betula alba vertreten war. Mit den Assoziationen von Larix decidua, Pinus uncinata und Pinus cembra erreichte der Wald seine Höhengrenze.

Azonale Auewälder

Populetum albae

In der Niederprovence säumten Pappelwälder die Ufer der Flüsse. Die Weißpappel wuchs sogar auf den versalzenen Böden der Camargue. Die hohe Bodenfeuchtigkeit ließ auch Hölzer nördlicher Provenienz gedeihen: Populus nigra, Ulmus campestris, Fraxinus oxyphylla, Salix alba, Salix viminalis, Salix incana.

Alnetum pubescentis

In den höhergelegenen Alpentälern waren die Flüsse von Erlenwäldern begleitet, in denen auch obengenannte Weiden, Populus tremula und Betula alba auftraten.

3.2 Die Veränderung unter dem Einfluß des Menschen

Durch welche Umstände sind die einstigen prächtigen Hochwälder zu ihrem heutigen beklagenswerten Zustand gelangt?

Ohne einen erschöpfenden Bericht zu geben, für den übrigens nur spärliche Quellen vorhanden wären, soll die Veränderung des Waldes in wenigen historisch-geographischen Querschnitten betrachtet werden (GEORGE 1933).

Der Wald zu Beginn des Imperium Romanum

Zahlreiche archäologische Funde (vgl. NICOD 1951) und einige schriftliche Quellen (z.B. STRABO IV, 1) künden von relativ dichter Besiedlung, fortgeschrittener landwirtschaftlicher Kultur und einer gewissen Wohlhabenheit in der südlichen Provence. Die römische Kolonisation südlich der späteren Via Aurelia, die Arelate mit Aquae Sextiae, Forum Julii und Albintimilium verband (Arles - Aix en Provence - Fréjus - Ventimiglia), brachte größere Rodungen des Waldes mit sich. Die Schiffswerften von Massilia verschlangen viele wertvolle Stämme des küstennahen Steineichenwaldes. Bis in die entlegenen Maures-Täler drang die ländliche Besiedlung vor (BARTELS 1964); sie hinterließ ihre Spuren in der Degradation des ursprünglichen Hochwaldes zum 'saltus', d.i. zur Weide benutzter Waldboden. Die nördlichen Gebiete der Niederprovence und die Hochprovence hingegen blieben von 'silva', dem ursprünglichen Wald, bedeckt, der hier und dort von Lichtungen unterbrochen wurde.

Der Wald während des Hochmittelalters

Auch in der Provence ist diese Epoche durch die Expansion der Bevölkerung und des Kulturlandes gekennzeichnet. Die Siedlungen eroberten das Landesinnere; beschleunigt wurde der Ausbau durch die Einfälle der Sarazenen, die von etwa 900 n.Chr. an die Küstensiedlungen plünderten. Es wurden in der inneren Provence Schutzsiedlungen gegründet, die

sich wie Adlerhorste an Gipfel und Bergspórne klammerten (villages perchés). Hand in Hand mit der Besiedlung des Innern ging die Degradation des Waldes. NICOD (1951) hat bei der Auswertung mittelalterlicher Kirchenarchive festgestellt, daß 'garricum' d.i. Kermeseichenwald, öfter verzeichnet ist als 'silva'.
Ebenso verraten die Ortsnamen, in welchem Maße die ursprüngliche Vegetation verschwunden war. 'La Gineste' (lat. genista) bezeugt die Verbreitung des Ginsters, 'La Buissière' (lat. buxus) die des Buchsbaumes. Andererseits beweist die Toponomie, daß noch viele Gebiete, die heute waldlos sind, mit 'selve' bezeichnet waren.

Aus welchen Holzarten setzte sich der Wald zusammen?

Der Eichenwald scheint vorherrschend gewesen zu sein; 'Le Rove', 'Les Rouvières', 'La Rouvre' gehen auf das vulgärlateinische 'robur' zurück. 'La Blaque', 'Blaquas' entsprechen dem heutigen 'chêne blanc' (Flaumeiche). 'La Faye' läßt auf Buchenwald schließen. In den Namen 'Freinet' (fraxinus) und 'Verne' (kelt. Ursprungs, Erle) ist der Auewald überliefert.

Ortsnamen, die auf Nadelwald hinweisen, z.B. 'Peypin', sind seltener.

Erste Schutzmaßnahmen (afrz. mise en deffends) wurden von kirchlichen und weltlichen Oberhäuptern erlassen zur Verteidigung des Waldes gegen Beweidung.

Der fortschreitenden Verarmung des Waldes entgegengesetzt war die Einführung der Eßkastanie (Castanea sativa); Sarazenen und/oder Mönche pflanzten sie um 1000 n.Chr. auf den Schattenhängen des Maurengebirges an (CHAUTRAND 1970).

Der Wald im 18. und 19. Jahrhundert

Diese Epoche soll etwas ausführlicher beschrieben werden, erklärt sie doch in mancher Hinsicht den Zustand des gegenwärtigen Waldes.

Auch im 18. und 19. Jahrhundert war eine Bevölkerungszunahme zu verzeichnen; sie führte in der ländlichen Innerprovence zu einer Dichte, die um 1850 zwei- bis dreimal so groß wie die heutige war. Erschwerend trat hinzu, daß die Gemeinden in ihrer Ernährung auf Selbstversorgung angewiesen waren; in der abgelegenen Hochprovence herrschte eine autarke Wirtschaft. Hungersnöte nach den harten Wintern 1709, 1789, 1870, 1881, 1887, in denen die meisten der lebenswichtigen Ölbäume erfroren, gaben oft nur den letzten Anstoß, die landwirtschaftliche Nutzfläche auszudehnen und den verbleibenden Wald intensiv auszubeuten.

Die Hauptnutzungen

Der französische Staat und die sardischen Länder waren große Holzverbraucher. Die Marine beanspruchte Unmengen, erforderte schon der Bau einer kleinen Barke fünfzig Eichen und sechzig Kiefern (D.D.A. des A.-M. 1971). Den nicht seltenen Kriegsbedürfnissen wurden ebenfalls viele Bäume geopfert. Trotz des hohen Einschlages wurden die Staatsforsten mit einem gewissen Nachhaltigkeitsprinzip geführt, so daß heute einige schöne staatliche Forsten übriggeblieben sind.

Ohne Rücksicht hingegen auf den Vorrat holzten die übrigen Waldbesitzer, Gemeinden und Private, weite Flächen ab. So wurden von 1845 - 1859 in den Gemeindewäldern der Grafschaft Nizza 426 634 Bäume gefällt und etwa 150 000 in den privaten Wäldern (D.D.A. des A.-M. 1971). Der Erlös diente infrastrukturellen Verbesserungen: Bau von Straßen, Ausbesserung von Brücken, Anlage von Brunnen etc.

Der Brennholzbedarf des 18. und 19. Jahrhunderts war ebenfalls enorm. Nicht nur der häusliche Herd, auch Backhäuser

und Destillieranlagen, Schmieden und Köhlereien, Kalkbrennereien, Glas- und Eisenhütten mußten versorgt werden. Das Brennholzrecht hat sich in einigen Gemeinden der Hochprovence, deren Brennstoffbedarf wegen unzulänglicher Verkehrsverbindungen nicht von außen gedeckt werden konnte, bis in unser Jahrhundert gehalten.

Nutz- und Brennholzgewinnung haben dazu beigetragen, daß um 1840 zwei Drittel der Maures vom Niederwald eingenommen wurden (BARTELS 1964).

Die Nebennutzungen

Die Nebennutzungen von Wald, Macchie und Garrigue boten vielfältige Nahrungs- und Erwerbsmöglichkeiten. Beeren und Pilze, den Menschen des vorigen Jahrhunderts besser bekannt als uns, waren für die Ernährung wichtig. Die Sträucher in Garrigue und Macchie, Rosmarin, Thymian, Lavendel, Wacholder etc. waren als Heil-, Gewürz- und Duftpflanzen begehrt. Die Gerber waren auf Eichenrinde und Gerbersumach zur Verarbeitung der Häute angewiesen. Aleppo- und Seestrandkiefern lieferten das vielfältig genutzte Harz. Die Pfeifenmanufakturen bedienten sich der Baumheidestümpfe.

Eine spezifische Nutzung der kristallinen Niederprovence war die Korkgewinnung. Um 1880 zählte die Mauresgemeinde 'La Garde Freinet' zwanzig Korkenschneidereien mit achthundert Beschäftigten (BARTELS 1964).

Weitere Erwerbsmöglichkeiten für die Bewohner der Maures und einiger Dörfer der Grafschaft Nizza waren das Sammeln und die arbeitsintensive Aufbereitung der Eßkastanien.

Die Imkerei, zur Honig- und Wachsgewinnung betrieben, fand in den zahlreichen und guten Trachtpflanzen Eßkastanie, Tanne, Heidekraut, Lavendel etc. beste Voraussetzungen.

Wurde durch die bisher aufgezählten Nebennutzungen dem Wald nur geringer Schaden zugefügt, konnten die folgenden

bis zu seiner Vernichtung führen.

Die zu knapp werdenden Ackerbauflächen wurden durch temporäre Brandkulturen erweitert. Zwar hatte das Parlament in Aix-en-Provence schon 1606 die Brandwirtschaft unter Androhung von Geldstrafen, Konfiszierung des Korns und Zwang der Wiederaufforstung verboten (PLAISANCE 1970); aber die von Hungersnöten betroffenen Gemeinden konnten eine zeitweilige Aufhebung des Verbotes erwirken. Viele Waldbesitzer, in der Stadt wohnhaft und desinteressiert am Wald, waren zu häufig Komplizen der Armen: gegen Erbzins erlaubten sie ihnen die Schwendwirtschaft (NICOD 1951).

Die Viehhaltung trug mancherorts zum Ruin des Waldes bei, weniger durch Streunutzung und Laubheufütterung - DUGELAY (1972) erwähnt die Verwendung des Laubes der Hopfenbuche, obschon von mittelmäßiger Qualität, als zeitweiliges Streckfutter - vielmehr durch Waldweide. Grad und Umfang der Zerstörung hingen ab von Art und Menge des Weideviehs. Schweine und Rinder haben in der südlichen Provence eine untergeordnete Rolle gespielt; vorherrschend waren Ziegen und Schafe. Im Jahre 1845 zählte allein die Grafschaft Nizza 120 000 Ziegen und ebensoviele Schafe (D.D.A. des A.-M. 1971).

Die verheerende Wirkung der Ziegenweide sollte durch Gesetze und präfektorale Erlasse eingedämmt werden:

> "L'hospice de Draguignan pouvait tenir six chèvres pour fournir le lait aux malades." (RIBBE 1857, S.65)

Unter dem Eindruck jüngster, durch Waldvernichtung hervorgerufener Überschwemmungen beklagte der Advokat die Unzulänglichkeit und Mißachtung der herrschenden Gesetze.

Viele Gemeinden versuchten durch den Verkauf von Weiderechten ihre Schulden zu tilgen. Daraus entstand in der Grafschaft Nizza die 'loi des bandites' (DUGELAY 1956).

Der Gläubiger hatte das Recht, seine Tiere ohne Beschränkung der Zahl und Art in der Gemarkung der verschuldeten Gemeinde weiden zu lassen. Er konnte auch fremde, sogar italienische Herden auf die Weide schicken. Die Überweidung bedeutete eine schwere Belastung für die Gemeinden, fielen ihr doch große kommunale und private Flächen anheim. Für den Wald war eine natürliche Verjüngung ausgeschlossen. Wenn die Gemeinden schließlich über Geld verfügten, kauften sie die 'bandites' zurück. Einige, in den Voralpen von Nizza gelegene Dörfer hatten jedoch bis zur Mitte dieses Jahrhunderts nicht die nötigen Mittel.

Die Transhumance der Schafherden bildete einen letzten, gewichtigen Faktor in der Degradation des provenzalischen Waldes. Von ihren Winterweiden in der Küstenprovence, vornehmlich in der Crau, wanderten die Schafe quer durch das Untersuchungsgebiet in die Seealpen. Sie beschädigten die Wälder längs der Wege und dezimierten die Lärchen, die ihre Sommerweiden umgaben.

Aus der Vielzahl der menschlichen Tätigkeiten, die dem provenzalischen Wald Schaden zugefügt haben, erwiesen sich als besonders feindlich die vier folgenden: übermäßiger Holzeinschlag, Brandrodungswirtschaft, Weidegang und -Waldbrand. Dem vierten Teil dieser Tetralogie gilt vorliegende Untersuchung.

3.3 Der heutige Wald

3.3.1 Verteilung und Besitz

Das Untersuchungsgebiet ist mit einer Waldbedeckung von 40 % dichtbewaldet im Vergleich zu Gesamtfrankreich mit 23 %. In der Tat bildet es zusammen mit den benachbarten Alpendepartements eine der drei französischen Waldregionen; in Aquitanien und Ostfrankreich findet es seine Gegenstücke.

Die Verteilung innerhalb des Untersuchungsgebietes variiert sehr (Tab. 1, s.u.). Das Dep. Var, Herz des Untersuchungsgebietes, steht mit 61 % an zweiter Stelle aller französischen Departements hinter dem Dep. Landes. Wählt man die absolute Fläche zum Maßstab, belegt es den dritten Platz hinter den Dep. Landes und Gironde. - Der Osten, Dep. Alpes-Maritimes, ist ebenfalls zu mehr als einem Drittel bewaldet, während der Westen, Dep. Bouches-du-Rhône, unter dem Landesdurchschnitt liegt.

Tabelle 1 **Waldverteilung und -besitz**

	Gesamtfläche	davon Wald		davon öffentlich		davon privat	
	1000 ha	1000 ha	%	1000 ha	%	1000 ha	%
Bouches-du-Rhône	525,5	103,6	19,7	22,4	4,3	81,2	15,4
Var	603,3	370,2	61,3	50,3	8,3	319,9	53,0
Alpes-Maritimes	429,3	157,7	36,7	65,1	15,2	92,6	21,5
Untersuchungsgebiet	1 558,1	631,5	40,5	137,8	8,8	493,7	31,7
Frankreich	54 918,3	12 761,0	23,2	3 650,2	6,6	9 127,0	16,6

Quelle: Statistique Agricole 1971

Verteilung und Grad der Bewaldung werden durch Karten 2 und 3 (S. 30 und S. 31) wiedergegeben: Camargue und Crau sind fast waldfrei; vom Etang de Berre bis an die Grenze des Dep. Var erstreckt sich eine schwach bewaldete Zone. Das Dep. Var hingegen ist in seiner Gesamtheit dicht bewaldet; die ausgedehntesten Wälder bedecken die kristallinen Rumpfgebirge. Nach Osten geht die Bewaldung zurück; Côte d'Azur, Teile der Voralpen von Grasse und Hochgebirge sind mäßig bewaldet, während im mittleren Hinterland größere Waldflächen erhalten sind.

Typisch französische Besitzverhältnisse, vorwiegend privater und wenig öffentlicher Wald, herrschen auch in der südlichen Provence: 493 700 ha gegenüber 137 800 ha. Im Dep. Var ist die ungleiche Proportion noch krasser; weniger als ein Siebentel ist öffentlicher Besitz.

Eine Untergliederung des öffentlichen Besitzes in Körperschafts- und Staatswald ist für vorliegende Untersuchung belanglos, weil beide vom Office National des Forêts verwaltet werden.

Hat die Fläche des öffentlichen Waldes in der inneren Provence eine gewisse Größe, so ist sie in der Küstenprovence auf ein Minimum reduziert.

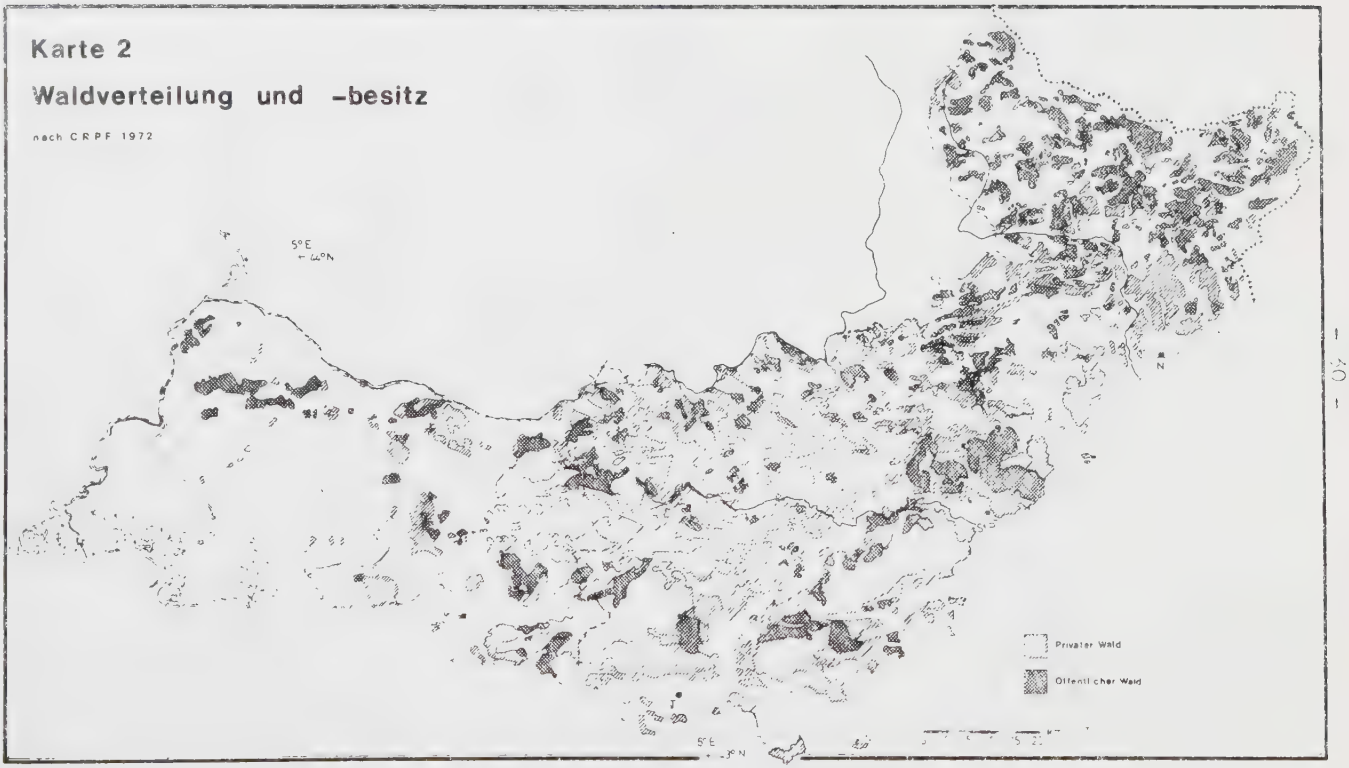
Beim Privatwald ist die Unterteilung zwischen Kleinbesitz einerseits und Mittel- bzw. Großbesitz andererseits wichtig, denn ab 25 ha ist eine geregelte und genehmigte Bewirtschaftung verpflichtend (frz. plan simple de gestion).

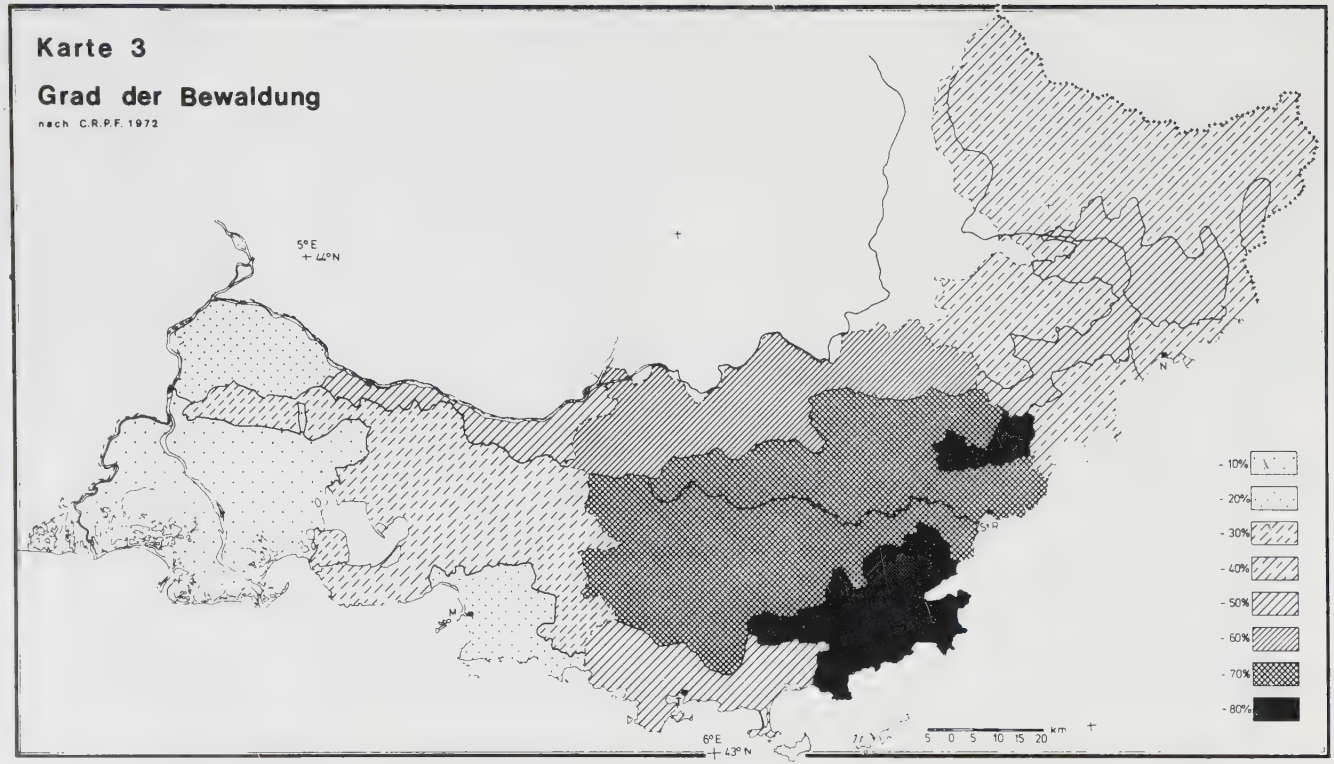
Im Dep. Alpes-Maritimes ist zersplitterter Kleinbesitz vorherrschend, im Dep. Bouches-du-Rhône ist das Verhältnis ausgeglichen, im Dep. Var überwiegen leicht Mittel- und Großbesitz (vgl. C.R.P.F. 1972).

Karte 2

Waldverteilung und -besitz

nach CRPF 1972




Karte 3
Grad der Bewaldung
nach C.R.P.F. 1972
5°E
+ 44°N
6°E
+ 43°N
5 0 5 10 15 20 km
- 10%
- 20%
- 30%
- 40%
- 50%
- 60%
- 70%
- 80%

3.3.2 Dominante und charakteristische Holzarten

Mediterrane Stufe

Der Buschwald aus Johannisbrotbaum, Oleaster, Pistazie und Aleppokiefer war durch die schrankenlose Bebauung an der Côte d'Azur fast verschwunden. Dennoch ist es einigen Fremdenverkehrsgemeinden gelungen, dem ehemaligen Oleo-Lentiscetum zur Renaissance zu verhelfen. Der Stadtwald von Nizza bietet ein nachahmenswertes Beispiel, wenngleich die Aleppokiefern überrepräsentiert sind.

Vom Steineichenwald sind nur spärliche Reste als Hochwald übriggeblieben. Heute bedeckt er als Niederwald, häufig unter Aleppokiefern, die Kalkniederprovence. Vielerorts ist er zur Garrigue degeneriert: Kermeseichen- auf kompakten, Rosmaringarrigue auf lockeren Kalkböden (Bild 5, S.224).

Die Korkeiche (Bild 6, S.224) nimmt heute den größten Platz in der kristallinen Niederprovence ein. Ihre ökologischen Ansprüche: silikatisches Substrat, lange Sonnenscheindauer, hohe relative Luftfeuchtigkeit und Wärme lokalisieren die lichten Bestände auf die küstennahen Südhänge von Maures, Estérel und Tanneron. Die heutige Vorherrschaft, begründet durch die bereits erwähnten Faktoren - Resistenz gegen Waldbrand und Ausbreitung durch den Menschen - wird in jüngster Zeit gefördert durch das Verschwinden der Seestrandkiefer.

Als Regressionsstadium ist die Macchie mit Erdbeerbaum und Baumheide (Bild 7, S.225) anzusehen.

Die Aleppokiefer (Bild 8, S. 225) zeichnet sich aus durch Anspruchslosigkeit an den Boden, Empfindlichkeit gegenüber längeren Frostperioden und Vorliebe für Hitze und Trockenheit. Sie findet ihr Optimum in der Kalkniederprovence, während sie in der kristallinen Niederprovence von der

Seestrandkiefer verdrängt wird. Die spontane Besiedlung der Rosmarin-, weniger der Kermeseichengarrigue, erklärt ihre relative Zunahme innerhalb des niederprovenzalischen Waldes. So wuchs ihr Anteil im Dep. Bouches-du-Rhône von 42 % im Jahre 1808 auf 60 % im Jahre 1912 (NICOD 1951).

Die Seestrandkiefer (Bild 9, S. 226), eine andere Rasse als die der Landes, war bis vor einigen Jahren die beherrschende Holzart der kristallinen Niederprovence. Ihre Lebenskraft befähigte sie, kleinste Lichtungen auszunutzen; ihre Schnellwüchsigkeit half ihr, die Konkurrenz zu überflügeln. Aber indem sie die kristalline Niederprovence überschwemmte, legte sie den Grund für ihren eigenen Untergang. Das gestörte ökologische Gleichgewicht begünstigte die Entwicklung einer tödlichen Epidemie.

Im Jahre 1957 stellte man ein Absterben der Seestrandkiefer im Maures-Bergland fest: die Nadeln wurden trocken und vergilbten, Zweige fielen zu Boden, kleine Harztropfen zeigten sich auf der Rinde, schließlich floß das Harz den Stamm hinab. Wie ein Tintentropfen im Wasser breitete sich die Krankheit aus. 1968 erreichte sie die Departementsgrenze Var/Alpes-Maritimes, 1972 hatte sie den Fluß Var überschritten. Nach jahrelanger Forschung stellten Spezialisten fest, daß eine Raupe, Matsucoccus feytaudi, der Urheber war. Die bisher gefundenen chemischen Bekämpfungsmittel, heikel in der Anwendung, sind obendrein zu teuer, als daß sie für einen flächenhaften Einsatz in Frage kämen (DUGELAY 1972).

Nichtsdestoweniger erscheinen heute auf rezenten, durch Waldbrand verursachten Kahlflächen neue Seestrandkiefern, deren Samen im Boden geschützt waren. Leider werden auch sie nach wenigen Jahren von den Parasiten befallen.

Die Schirmpinie, obligatorisches Attribut der mediterranen Landschaft, bildet aus unseres Wissens ungeklärten Gründen nur selten größere Bestände; sie stocken auf den armen Böden der Permischen Senke. Bild 10 (S. 226) zeigt einen relativ engen Bestand; meistens läßt das Lichtbedürfnis nur weitständige Wälder zu.

Die sommergrüne Eßkastanie, eigentlich der submediterranen Stufe zugehörig, wird an dieser Stelle aufgeführt, da sie einen bedeutenden Platz in den vollmediterranen Maures beansprucht (Bild 11, S. 227). Ihre ökologischen Bedingungen ähneln denen der Seestrandkiefer: ebenfalls ein Kalkflüchter, kann sie auf Granit, Schiefer und Sandboden bis zu 1000 m Höhe steigen. Indes überläßt sie die küstennahen Sonnenhänge der Korkeiche. Die derzeitige Überalterung und die Krankheiten Blepharospora cambivora und Endothia parasitica gefährden ihre Bestände (FONTNOIRE 1971).

Submediterrane Stufe

Die Flaumeichenwälder dehnen sich in der inneren Provence zwischen 500 und 800 m Höhe aus. Wenn sie in die vollmediterrane Zone hinabsteigen, dann nur auf frischen Schattenhängen. Sie bestocken Kalk- und andere Böden. Wie bei der Steineiche sind Hochwälder selten; allein in den entlegenen Gebieten südlich des Verdon sind mehrhundertjährige Bestände erhalten. Der übliche Niederwald (Bild 12, S. 227), erstes Stadium der Regression, ist häufig vom Kiefer-Wacholder-Wald, zweite Phase der Regression, verdrängt, der seinerseits von der Lavendelheide abgelöst sein kann.

Die Hopfenbuche (Bild 13, S. 228), deren Vorkommen in Frankreich auf das Dep. Alpes-Maritimes beschränkt ist, ähnelt in ihren ökologischen Bedingungen der Flaumeiche. Auch sie kann auf Nordhängen bis in den Aleppo- und Seestrandkiefernwald hinabreichen, wie sie in der montanen Stufe bis zur Buche steigen kann. In den Tälern der Vésubie, Bévera und Roya stocken ihre auf Grund der traditionellen Wirtschaftsweise wenige Meter hohen Niederwälder. Weitere Information über die etwas unbekannte Holzart gibt DUGELAY (1972).

Montane Stufe

Die Buchenwälder erfreuen sich ob ihrer Rarität in der südlichen Provence einer besonderen Wertschätzung. In der Tat gibt es unseres Wissens nur fünf Bestände im Untersuchungsgebiet: der bereits genannte Reliktwald im Schatten der Ste.Baume-Kette, der Bestand am Nordabfall des Plan de Canjuers zum Verdon sowie der am Pas de la Faye (fagus!), auf dem Plan de Caussols und schließlich an der Strecke Nizza - Col de Turini in 1300 m Höhe. Letzterer, ein reiner und vitaler Bestand, verleugnet die Nähe des Mittelmeeres; die Distanz ist geringer als 20 km. Wahrscheinlich begünstigt durch das lokale Klima - Stau feuchter mediterraner Luftmassen vor den Alpen - entfaltet sich hier ein Buchenwald mitteleuropäischer Prägung.

Die Kiefernwälder (Bild 14, S. 228), als Ersatz für Flaumeichenwälder auch in der submediterranen Zone anzutreffen, finden ihre optimale Entwicklung in der montanen Stufe. Im Gegensatz zu den anderen Hölzern dieser Etage, wie Buche, Tanne, Fichte, verträgt die Kiefer die Südexposition; freilich sind die dortigen Bestände weniger schön und geschlossen. Sie begnügt sich mit den schlechtesten Böden, was allerdings ihre Wuchsleistung beeinträchtigt: kurze, krumme Stämme tragen ein starkes, gewundenes Astwerk. Klimatische und edaphische Anspruchslosigkeit ermöglichen ihr die Bestockung waldfeindlicher Standorte; daher nimmt sie im Dep. Alpes-Maritimes den ersten Platz ein.

Tanne und Fichte treten meistens gemeinsam auf und fast ausschließlich auf Schattenhängen. Diesem Umstand verdanken einige Nordhänge den Namen 'bois noir'. In den trockenen Voralpen von Grasse sind diese Nadelhölzer selten; ihren klimatischen Ansprüchen entsprechen dagegen die feuchteren Hänge der Seealpen zwischen 1200 - 1600 m : die Station Peira-Cava, in 1400 m Höhe am herrlichen Forstmassiv von

Turini gelegen, verzeichnet 1300 mm Niederschlag und 81 Nebeltage pro Jahr. Bis zu 40 m hoch werden die geraden Stämme in diesem 'Schwarzwald'. Den Wettstreit zwischen den beiden Nadelhölzern scheint die Tanne zu gewinnen, wie es die problemlose natürliche Verjüngung beweist. Da sie außerdem schneller wächst und weniger anfällig für Rotfäule ist, steht sie bei den Forstleuten hoch im Kurs (Bild 15, S. 229). Die Fichte, die auch im Halbschatten gedeihen kann, steigt höher als ihre Schwester; sie erreicht ihre Grenze bei 1800 m in der Lärchen-Fichten-Gesellschaft.

Subalpine Stufe

Lärchenwälder (Bild 16, S. 229) sind charakteristisch für die oberen Täler von Var, Tinée, Vésubie und Roya. Obschon an der Südgrenze ihres Areals, fühlt sich die Lärche wohl; Sonnenreichtum und niedrige Luftfeuchtigkeit während des Sommers sagen ihr zu. Die natürliche Fortpflanzung ist kapriziös: die leichten Samen fallen nicht in den Wald, sondern werden vom Wind auf die umgebenden Weiden getragen. Dort hemmen Weidegang und Skitourismus ihre Entwicklung.

Zur Lärche gesellen sich in den oberen Partien Zirbel- und Hakenkiefer. Sie bilden keine geschlossenen Wälder, sondern sind zu isolierten Baumgruppen reduziert.

Eine Zusammenfassung der Holzarten in horizontaler und vertikaler Ausdehnung geben Karte 4 (S. 37) und Profil (S. 38). Die schematisierten und typisierten Darstellungen können allerdings nicht die komplexe reelle Verteilung vermitteln.

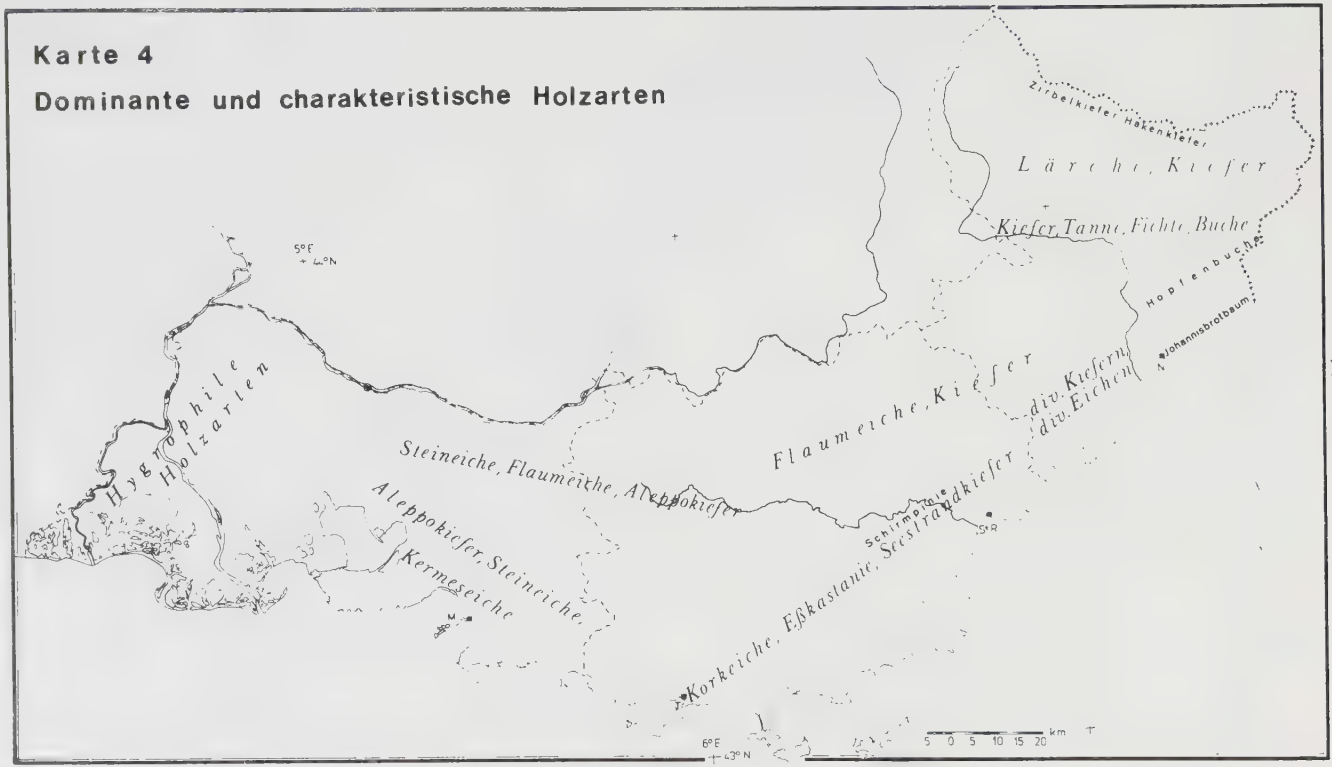
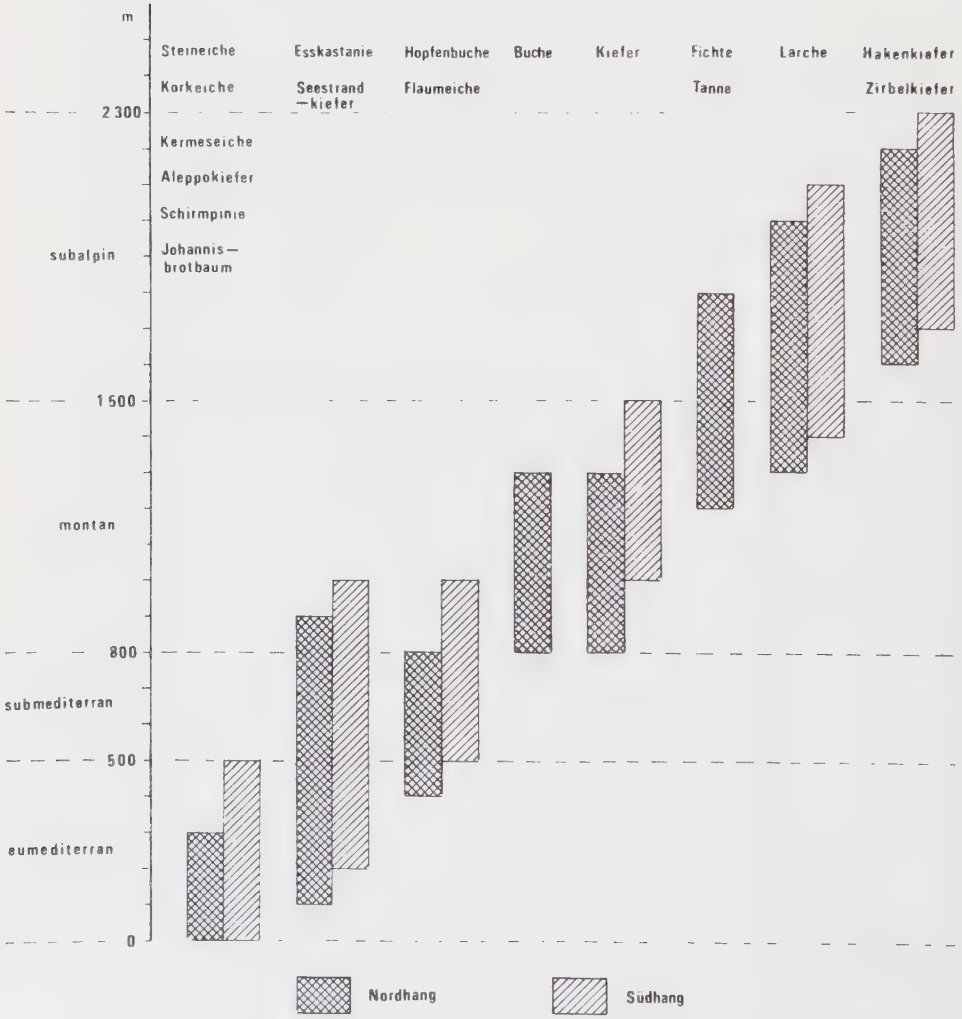

Karte 4
Dominante und charakteristische Holzarten
Zirbelkiefer, Hakenkiefer
Lärche, Kiefer
Kiefer, Tanne, Fichte, Buche
Hopfenbuche
Johannisbrotbaum
Flaumeiche, Kiefer
div. Kiefern
div. Eichen
Steineiche, Flaumeiche, Aleppokiefer
Aleppokiefer, Steineiche, Kermeseiche
Hygrophile Holzarten
Schirmpinie
Strandkiefer
Korkeiche, Eßkastanie, Seestrandkiefer
5°E
+ 44°N
6°E
+ 43°N
5 0 5 10 15 20 km

Abb. 2: Höhenstufen des Waldes

nach C R P F 1972



3.3.3 Bedeutung für Produktion, Protektion und Rekreation

Produktion

Als Bauholz sind Tanne und Fichte begehrt, deren Bestände die wirtschaftlich wertvollsten des Untersuchungsgebietes sind. Bis zu 150 FF wurden im Jahr 1970 von den Sägewerken im Dep. Alpes-Maritimes für den Festmeter Tannenholz gezahlt (mündl. Auskunft des O.N.F. Nizza).

In Frankreich wird mit Ausnahme des Elsaß' und des Dep. Moselle, in denen deutsche Forstwirtschaft gültig ist, das Holz frei Stock verkauft. Die vom Besitzer mit dem Markierhammer gekennzeichneten Bäume werden vom Käufer geschlagen und abtransportiert. Der Transport bildet ein ernstes Problem: ein Kilometer Holzabfuhrweg bedient in Frankreich 200 ha Wald, in der Bundesrepublik Deutschland nur 20 - 30 ha (D.D.A. des A.-M. 1971, S. 37). Der Ausbau des Wegenetzes würde zweifellos den Wert der Wälder steigern. Bis dahin werden die Stämme in vielen 'bois noirs' an langen Kabeln zu Tal befördert.

Von den Forstleuten geschätzt war auch die Seestrandkiefer, die schon nach 60 Jahren bei einem Durchmesser von 40 cm die Hiebreife erlangte. Sie mußte in den letzten Jahren wegen des drohenden Schädlingsbefalls im Übermaß geschlagen werden, was in einer überhöhten Bauholzproduktion des Dep. Var zum Ausdruck kam.

Die Lärche wird meistens unter Wert verkauft, was in der geringen Kenntnis ihrer Verwendungsmöglichkeiten und in der Unzugänglichkeit der Lärchenwälder begründet ist.

Als Industrieholz sind Aleppo- und gemeine Kiefer für die Spanplatten- und Zellulosefabriken interessant. Die Firma 'Cellulose du Rhône' in Tarascon ernährt sich zum Teil von den Beständen des westlichen Untersuchungsgebietes. Die Kiefern des östlichen Teiles werden nach Cuneo/Piemont exportiert. Einige Tausend Festmeter Kiefernholz aus dem Dep. Var werden jährlich als Grubenholz nach Tunesien ausgeführt.

Von den Laubhölzern besitzen lediglich die Pappeln, angebaut auf den Alluvialebenen des Dep. Bouches-du-Rhône, einen nennenswerten kommerziellen Wert. Sie dienen der Herstellung von Obst- und Gemüsekisten, müssen jedoch die Konkurrenz aus der Kunststoffbranche fürchten.

Die anderen Laubhölzer, im Niederwald bewirtschaftet, kommen lediglich als Brennholz in Betracht, das an Ort und Stelle verbraucht wird. Der Bedarf, nach dem Zweiten Weltkrieg rapide gesunken, erlebt in jüngster Zeit einen Anstieg: Brennholz und Holzkohle sind von Wochenend- und Ferienhausbesitzern gefragt.

Summarisch läßt sich feststellen, daß die Holzerzeugung des provenzalischen Waldes bei relativ großer Holzbodenfläche bescheiden ist. Die Wälder der Niederprovence sind nach dem Wegfall der Seestrandkiefer nahezu unproduktiv. Erst die Tannen- und Fichtenwälder der Hochprovence sind rentabel, doch wird ihr wirtschaftlicher Wert durch die Transportkosten gemindert. Tabelle 2 (S. 41) unterrichtet über die geringe Holzerzeugung, den schmalen Verkaufserlös und den minimalen Beitrag des Untersuchungsgebietes zum französischen Holzmarkt.

Von den ehemals zahlreichen Nebennutzungen sind heute nur wenige lohnend.

- Die Korkproduktion der Maures, in scharfer Konkurrenz mit der anderer Mittelmeerländer und Portugals, beläuft sich auf jährlich 5 000 t. Der Kork ist heute als thermischer und akustischer Isolierungsstoff gefragt; als Flaschenverschluß wird er nur noch bei Qualitätsweinen verwendet.
- Ebenfalls in den Maures werden die Kastanien genutzt für die Herstellung von 'marrons glacés' und 'crème de marron'.

Tabelle 2 Holzproduktion und Verkaufserlös 1969

	Bauholz		Industrieholz		Brennholz		
	Produktion fm	Erlös 1 000 FF	Produktion fm	Erlös 1 000 FF	Produktion rm	Erlös 1 000 FF	Erlös insgesamt 1 000 FF
Bouches-du-Rhône	4 229	278	10 235	397	3 914	225	900
Var	63 412	5 744	79 514	4 020	29 859	1 344	11 108
Alpes-Maritimes	32 208	3 777	13 914	728	3 688	175	4 680
Untersuchungsgebiet insgesamt	99 849	9 799	103 663	5 145	37 461	1 744	16 688
Frankreich	17 472 543	1 698 794	8 421 343	330 139	2 377 202	92 615	2 121 548

Quellen: Annuaire Statistique de la France 1972; Statistique Agricole 1971

- Die Trüffelkultur (altprov. trufa) in Flaumeichenbeständen ist sehr lukrativ; nach Aussagen von Züchtern wird ein Kilogramm mit 200 bis 300 FF gehandelt.
- Nach wie vor ist die Imkerei von Bedeutung, wie es die vielen Bienenstöcke in Wald, Macchie und Garrigue erkennen lassen.

Protektion

Die Schutzaufgaben betreffen ist erster Linie Boden und Wasser.
Natürliche Gegebenheiten wie steiles Relief, erosionsanfälliger Boden, heftige Winde, sintflutartige Regenfälle, verbunden mit menschlichen Aktivitäten wie Entwaldung, Beweidung und Schwendwirtschaft haben vielerorts eine irreversible Bodenerosion verursacht. Die Konservierung des noch vorhandenen und die Bildung neuen Bodens sind ohne Waldbedeckung zum Scheitern verurteilt. Das O.N.F. ist in den Dep. Var und Alpes-Maritimes mit der Wiederherstellung des Geländes beauftragt (amtlich: Restauration des Terrains en Montagne). Wie mühselig die Arbeiten sind, zeigt eine Baustelle im Tal des Paillon, oberhalb Nizzas: Um die Stadt vor Naturkatastrophen zu schützen, werden die Hänge terrassiert und das Flußbett verbaut. Isohypsenparallele Grünstreifen bremsen Rutschungen; Kriechweiden verflechten das Erdreich. Auf nackten Hängen werden Metallgitter installiert, um angeschwemmtes Lockermaterial festzuhalten; so wird anfliegendem Samen die Möglichkeit gegeben, Fuß zu fassen. In einem späteren Stadium werden einheimische Laubhölzer gepflanzt, weil sie am besten zur Pedogenese beitragen (BUCHER 1972).

'Eaux et Forêts' - nicht zufällig war die Verwaltung von Wasser und Wald jahrhundertelang in derselben Administration verknüpft.

Seit 1938 gab es in Frankreich die 'Maîtres des Eaux et Forêts'. Durch eine etwas unglückliche Reform im Jahre 1965 hat die Wasserwirtschaft einen eigenen Dienst erhalten; die Führung des Waldes obliegt von nun an zwei Institutionen, der 'Direction Départementale de l'Agriculture' und dem 'Office National des Forêts'.

Zwei gegensätzliche Beispiele verdeutlichen die Problematik der provenzalischen Wasserwirtschaft.

- Gegen Ende des Sommers treten chronische Wasserklemmen in den Küstenorten auf. Schlimmer noch, durch die Senkung des Grundwasserspiegels kann Meerwasser eindringen und das Trinkwasser versalzen. So enthielt ein Brunnen nahe Hyères 18 g Salz pro Liter Wasser (ZACCARIE 1970).
- Fast regelmäßig verursachen die sintflutartigen Herbstniederschläge Hochwasserkatastrophen, wie am 11. und 12. Oktober 1972 in situ beobachtet werden konnte: Ununterbrochene Schauer, 190 mm in 24 Stunden, zerstörten Verkehrsverbindungen, spülten Kulturland weg und kosteten Menschenleben.

Außer dem durch Tourismus erhöhten Trinkwasserkonsum und der Hochwasserbekämpfung bereiten die traditionelle Bewässerungswirtschaft, Industrie und Energieversorgung ernste Schwierigkeiten. Eine ausgedehnte Waldbedeckung der mittleren und oberen Flußeinzugsgebiete, die wie ein Schwamm den Wasserhaushalt reguliert, könnte den Gesellschaften 'Canal de Provence' und 'Electricité de France' in ihren Anstrengungen helfen, die Tücken des mediterranen Abflußregimes in den Griff zu bekommen.

Die Schutzfunktion des Waldes für die südliche Provence läßt sich auf andere Bereiche, z.B. die Luftreinhaltung, ausdehnen. Forstliche Versuchsanstalten testen Baumarten in der Umgebung Marseilles auf ihr Absorptionsvermögen giftiger Gase und die Erzeugung von Sauerstoff (mündl. Auskunft der D.D.A. des B.d.Rh.). Ohne weitere Fälle, an

deren es im Untersuchungsgebiet nicht fehlt, zu zitieren, kann die Bedeutung des provenzalischen Waldes für den Umweltschutz nicht genügend betont werden.

Rekreation

Mit der Erholungsfunktion, der neuen Aufgabe des Waldes in einer technisierten und urbanisierten Gesellschaft, werden nichtmaterielle Wohlfahrtswerte angesprochen. Immer mehr Menschen entfliehen zeitweise den lärmenden und beengenden Städten, um physische und psychische Entspannung in der Natur zu suchen.

Es sind vor allem die eu- und submediterrane Zone, die von einheimischen und fremden Besuchern frequentiert werden. Die periurbanen Wälder von Marseille, Toulon und Nizza erleben an jedem Wochenende die Invasion von Heerscharen Erholungsuchender. Andere Gebiete sind in Parks (amtl.: Parc Forestier de Loisir) umgewandelt, ausgestattet mit Spazierwegen, Picknickeinrichtungen, Spielplätzen, Reitställen u.a.m.

Landeinwärts schließen sich die Wälder an, die von Wanderern und Jägern aufgesucht werden. Die Jagd, in Frankreich mit Ausnahme des Elsaß und des Dep. Moselle ein Volkssport, zählt im Untersuchungsgebiet 94 183 Anhänger (1971).

Die Gebirgswälder sind wegen des erschwerten Zugangs und der begrenzten Saison für die Rekreation von untergeordneter Bedeutung. Nur vereinzelt werden Maßnahmen zur touristischen Erschließung wie Anlage von Parkplätzen, Rundwanderwegen, Aussichtspunkten etc. eingeleitet.

Schließlich seien die Naturreservate Camargue, Mercantour und die Insel Port-Cros genannt, die außer dem Schutz von Fauna und Flora der Erholung des Menschen dienen (BAUCHE 1961).

Betrachtet man zusammenfassend die Funktionen des provenzalischen Waldes in räumlicher Verteilung, ergibt sich folgende Gliederung:

- Der produktive Wald beginnt erst ab 1 000 m, ist also auf die Hochprovence beschränkt.
- Überwiegend rekreative Bedeutung hat der Wald in der Küstenprovence.
- Im intermediären Bereich zwischen Küste und Gebirge ist die protektive Aufgabe des Waldes vorherrschend.

4 AUSMASS DER WALDBRÄNDE, ZÜNDURSACHEN UND BRENNBEREITSCHAFT DER WÄLDER

4.1 Historischer Überblick

Wie uns die Geschichte lehrt, sind Waldbrände für Südfrankreich kein neues Problem. Die älteste Sammlung forstlicher Gesetze aus dem Jahre 1610 berichtet von der Strafe für Brandstifter:

Par les Regl. liu. 3. Tit. 23. art. 63
Il est deffendu de ne mettre le feu és bruyeres à demie lieue (Meile) pres des Forests, sur peine de la hart (Strang), et de closture aux usagers des lieux où le feu aura esté.
(SAINCTYON, Les Edicts et Ordonnances des Roys,1610, S.476)

Nicht weniger energisch war die Note Napoleons, die er 1809 anläßlich einiger Waldbrände in den Landes an die Präfekten der betroffenen Departements richtete:

Monsieur le Préfet,
J'apprends que divers incendies (Brände) ont éclaté dans les forêts du département dont je vous ai confié l'administration.
Je vous ordonne de faire fusiller sur les lieux de leurs forfaits (am Orte ihrer Missetaten), les individus convaincus de les avoir allumés.
Au surplus s'ils se renouvelaient, je veillerais à vous donner un remplaçant (im Wiederholungsfalle Absetzung des Präfekten).

Signé: Napoléon Empereur

(Zitiert nach UHLEN 1972, S. 404)

Erste Auskunft über Waldbrände in der Provence erteilt RIBBE:

Ce fléau (Waldbrände), qui est pour le Var ce que les torrents sont pour les Basses-Alpes (das heutige Dep. Alpes-de-Haute-Provence), rencontre la même indifférence

au sein des populations. On est effrayé (bestürzt) quand on pense que, de 1838 à 1848 seulement, ses ravages ont détruit près de 40 000 hectares de bois, qu'ils ont causé une perte (Verlust) de 40 000 000 de fr. ...

(RIBBE 1857, S. 150)

Im Jahre 1869 besuchte FARE, Directeur géneral des eaux et forêts, von Napoleon III. geschickt, die südliche Provence. Er schätzte, daß innerhalb von 20 Jahren zwei Drittel des Maures Berglandes abgebrannt waren. Sein Rapport führte zum ersten Gesetz, das den provenzalischen Wald gegen Brand schützte.

1893 folgte das Gesetz 'des Maures et de l'Estérel', das den Gebrauch des 'petit feu' verbot. Bis dahin war es bei den Waldarbeitern üblich, vor dem Schälen der Korkeichen das hinderliche Unterholz abzubrennen (S.R.A.F. 1971).

Dieses Gesetz wurde 1924 durch ein neues abgelöst, das u.a. die Brandentstehung durch die Eisenbahn eindämmen sollte:

Lorsqu'il existera, à moins de 20 mètres de la limite de l'emprise des voies ferrées (Schienen), des terrains en nature de bois, forêt ou lande boisée, les compagnies de chemin de fer auront le droit ... de débroussailler (Unterholz entfernen) une bande longitudinale sur une largeur de 20 mètres à partir du bord extérieur de la voie.
(Code Forestier, Tit. X, Art. 148, loi du 26 mars 1924)

Nach dem Zweiten Weltkrieg begann eine neue Epoche. Der 1946 gegründete 'Fonds Forestier National' vergab Kredite für die Anlage von Präventiveinrichtungen; departementale Feuerwehren traten ins Leben, und die fortgeschrittene Technik ermöglichte hinfort eine wirksame Bekämpfung der Waldbrände.

4.2 Häufigkeit und Ausdehnung in räumlicher Verteilung

Zu Beginn seien zwei methodische Überlegungen vorausgeschickt:
Wie die Definition des Begriffes 'Wald' unter anderem eine gewisse Ausdehnung beinhaltet, um ihn etwa gegen 'Baumgruppe', 'Hain' etc. abzugrenzen, ist auch für den Begriff 'Waldbrand' zunächst eine Mindestgröße Voraussetzung. Als unterer Schwellenwert wird ein Flächeninhalt von 10 ha gewählt; denn vor dem Hintergrund eines 15 000 km^2 großen Untersuchungsgebietes fallen kleinere Brände kaum ins Gewicht.

Sodann beinhaltet der Begriff nicht nur die Brände von Wäldern, sondern auch die von Garrigue und Macchie. Diese mediterranen Strauchformationen sind nämlich Stadien regressiver Waldentwicklung; ebenso gut können sie Vorläufer des Waldes sein in einer progressiven Sukzession (BRAUN-BLANQUET 1936).

Das Problem, Garrigue und Macchie vom Wald abzugrenzen, wird in den Statistischen Jahrbüchern augenfällig. Laut Annuaire Statistique von 1969, der die Ergebnisse des Jahres 1966 enthält, besitzt das Dep. Var eine Waldfläche von 296 300 ha. Der Annuaire Statistique 1972, basierend auf den Resultaten von 1970, weist eine Fläche von 380 000 ha aus. Wohlweislich ist der Name der betreffenden Rubrik geändert worden; die Spalte 'bois et forêts' ist in 'superficies boisées' umbenannt.

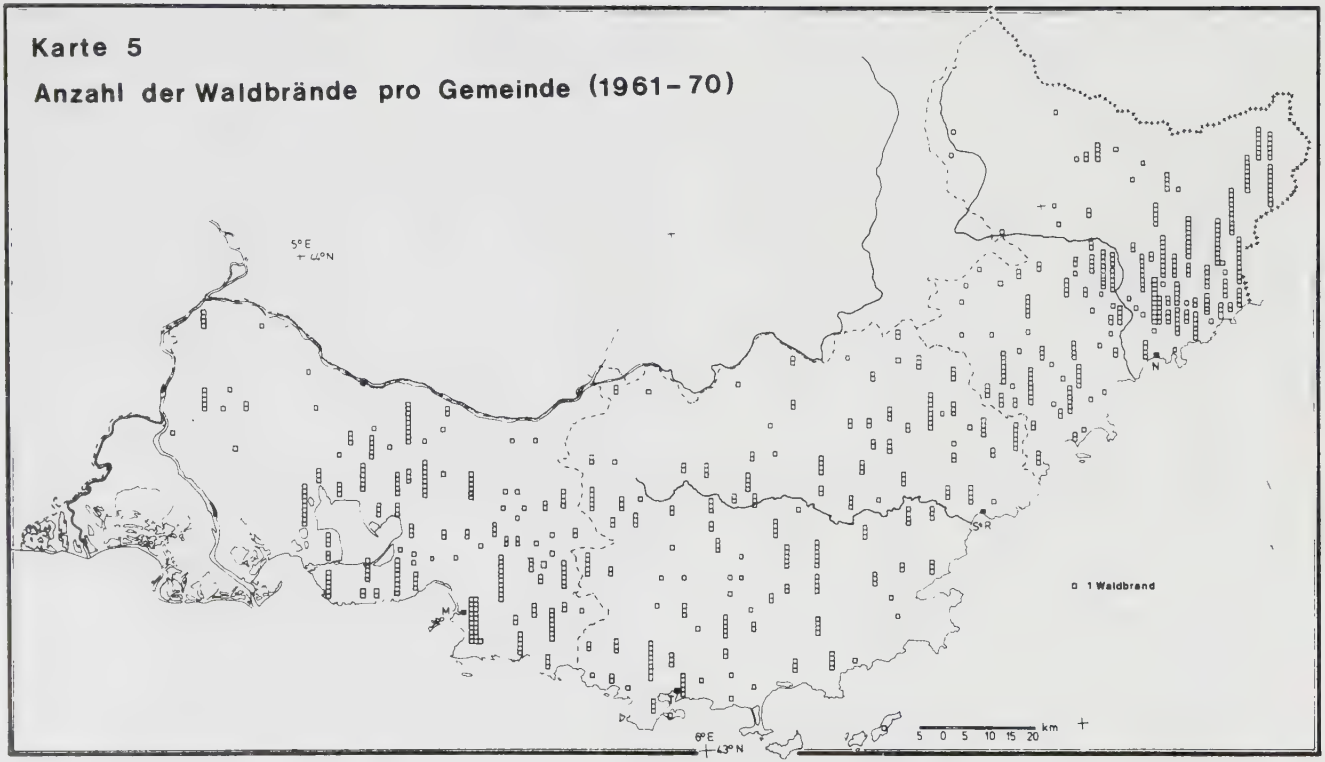
Nach Klärung der Vorfragen können Waldbrandhäufigkeit und -ausdehnung in ihrer räumlichen Verteilung untersucht werden.

Für den Zeitraum 1961-70 haben wir eine Zählung durchgeführt, die Anzahl und Fläche der Waldbrände erfaßt. Die Ergebnisse sind auf die Karten 5 und 6 übertragen.

Karte 5 (S. 49) zeigt die Anzahl der Waldbrände, ungeachtet ihrer Größe, pro Gemeinde. Beeindruckend ist die Gesamtzahl von 809. Die Verteilung ist unterschiedlich:

Karte 5

Anzahl der Waldbrände pro Gemeinde (1961–70)



Das waldarme Tiefland im Westen wird naturgemäß selten von Waldbränden heimgesucht, mit Ausnahme der Alpilles. Ein erstes Häufungsgebiet liegt um den Etang de Berre und setzt sich von dort nach Osten und Südosten fort; Marseille hält den absoluten Rekord mit 21 Bränden. Im Dep. Var nimmt die Dichte ab; sein nördlicher Teil, bis zu einem gewissen Grade auch die kristallinen Waldgebirge im Süden, sind vergleichsweise selten betroffen. An der östlichen Departementsgrenze steigt die Frequenz wieder und bildet eine Verdichtung im Dreieck Grasse-Vence-Cannes. Eine weitere Ballung findet sich westlich des unteren Var, um östlich des Flusses in ein maximales Häufungsgebiet überzugehen.
Bemerkenswert ist das Vorkommen von Waldbränden im außermediterranen Bereich, also in der montanen und subalpinen Stufe.

Läßt die Verteilung eine Abhängigkeit erkennen?
Wider Erwarten besteht keine hohe Korrelation zwischen der Anzahl der Waldbrände und der Größe der Waldflächen. Das von ausgedehnten Wäldern bedeckte Dep. Var hat unwesentlich mehr Brände zu verzeichnen als das gering bewaldete Dep. Bouches-du-Rhône: 253 Brände bei einer Waldfläche von 370 000 ha gegenüber 226 Bränden bei 103 000 ha. Das Dep. Alpes-Maritimes - es trägt ein Viertel des Waldes - hat indes mit 41 % (330 Fälle) den größten Anteil an Waldbränden.

Eine enge Relation verbindet die Waldbrandhäufigkeit mit der Bevölkerungsdichte. Die dichte Besiedlung der Ballungsräume Etang de Berre, Aix-Marseille, Grasse-Vence, Nizza-Hinterland erklärt die Häufung der Waldbrände in diesen Gebieten.

Karte 6 (S. 52) stellt maßstabsgetreu die Flächen dar, die im Untersuchungszeitraum abgebrannt sind. Erschreckend hoch ist ihre Summe, die mit 155 968 ha ein Viertel der Waldfläche ausmacht.

In den einzelnen Gemeinden sind die Flächen unterschiedlich groß, die Spanne reicht von 10 bis über 10 000 ha. Am schlimmsten berührt ist die Mauressiedlung Plan de la Tour; als Schauplatz zweier Brände in den Jahren 1964 und 1970 hat sie 10 644 ha Wald verloren.

Ebenfalls in den kristallinen Waldgebirgen liegen die Gemeinden mit 5 000 bis 10 000 ha Brandfläche. Von Südwest nach Nordost folgen nacheinander La Londe, Bormes-les-Mimosas und Le Muy in den Maures, Fréjus am Estérel und Tanneron im gleichnamigen Massiv.

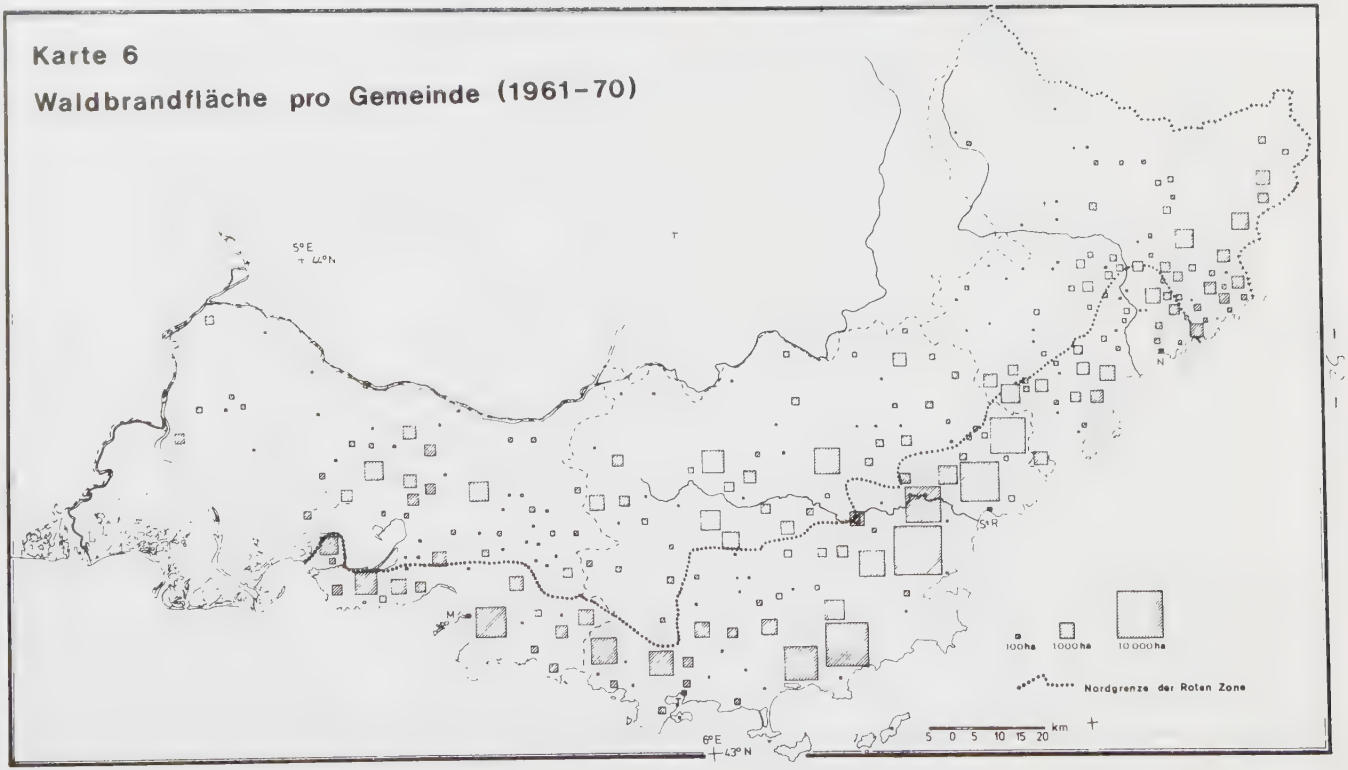
Die Orte mit einer Brandfläche von 1 000 bis 1 500 ha sind folgendermaßen verteilt: Vom Südufer des Etang de Berre erstreckt sich eine Reihe über Marseille hinaus bis in die Umgebung Toulons; eine andere verläuft vom Nordufer über Aix in die mittlere Zone des Dep. Var. Im Dep. Alpes-Maritimes treten Flächen dieser Größenordnung im westlichen Teil auf, der zum Tanneronmassiv gehört, und im Nordosten von Nizza mit einer Verlängerung ins Royatal.

Waldbrandflächen unter 1 000 ha sind fast überall anzutreffen.

War bei der Brandhäufigkeit eine Beziehung zur Besiedlung vorhanden, ist bei der Brandausdehnung die Abhängigkeit zur Waldfläche offensichtlich. Allein die Waldgebirge Maures, Estérel und Tanneron haben einen Anteil von 42 % an der gesamten Waldbrandfläche. Die abgebrannten Flächen der Dep. Bouches-du-Rhône, Var und Alpes-Maritimes verhalten sich wie 1:3:1.

Karte 6

Waldbrandfläche pro Gemeinde (1961–70)



Der S.R.A.F. hat 1963 die südliche Provence zweigeteilt in ein weniger gefährdetes Landesinnere und eine extrem bedrohte Küstenzone. Letztere, mit Recht 'Rote Zone' genannt und daher besonderen Vorschriften unterworfen, begleitet die Küste in einer Tiefe von 10 - 35 km.

Wie Karte 6 zeigt, sind in den letzten Jahren auch außerhalb der Roten Zone große Waldbrände aufgetreten, was an späterer Stelle erklärt wird. Konsequenterweise sollte die Rote Zone nach Norden erweitert werden, wie auch der östliche Teil der Côte d'Azur einzuschließen ist.

Betrachtet man Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände, wird man sich der katastrophalen Lage des provenzalischen Waldes bewußt. Eine jährliche Brandfläche von 2,5 % entzieht jeder auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Forstwirtschaft den Boden. Wie nachfolgend errechnet wird, senkt sie die durchschnittliche Lebenserwartung eines Baumes auf 33 Jahre. Die Aussicht, das Mindestalter von 20 Jahren für die natürliche Fortpflanzung zu erreichen, beträgt 60 %. Die Chance, 70 Jahre alt zu werden und die Schlagreife zu erlangen, ist gar nur 17 %.
(Die mittlere Hiebreife ist hier mit 70 Jahren angesetzt. Tatsächlich liegt sie bei 60 Jahren für die Seestrand- und bei 80 Jahren für die Aleppokiefer laut C.R.P.F. 1972.)

Berechnung:
Unter der Voraussetzung, daß jährlich 2,5 % des Waldes abbrennen, beträgt die verschont gebliebene Fläche nach n Jahren:

$$(97{,}5\ \%)^n$$

$$= \left(\frac{97{,}5}{100}\right)^n$$

$$= 0{,}975^n$$

Es interessieren n = 20 und n = 70.

$0{,}975^{20}$ = 0,6012 bis 0,6039 (logarithmisch berechnet)

= 60,12 % bis 60,39 %

≈ 60 %

$0{,}975^{70}$ = 0,1685 bis 0,1712

= 16,85 % bis 17,12 %

≈ 17 %

Um die mittlere Lebenserwartung zu errechnen, werden die jährlich verschonten Flächen summiert.
Nach einem Jahr bleibt 0,975 unberührt, nach j Jahren $0{,}975^j$. Also werden 0,975 der Bäume 1 Jahr und $0{,}975^j$ j Jahre alt. Das bedeutet, daß $0{,}975^2$ der Bäume ein Jahr älter werden als 0,975 und das $0{,}975^j$ ein Jahr älter werden als $0{,}975^{j-1}$. Die Summe für j = 1 ... 70 ergibt das durchschnittliche Alter.

$$\sum_{j=1}^{70} (0{,}975)^j$$

$$= \frac{\sum_{j=1}^{70} (0{,}975)^j \cdot (1-0{,}975)}{(1-0{,}975)}$$

$$= \frac{1-0{,}975^{71}}{1-0{,}975} \qquad \text{(3. binomischer Lehrsatz)}$$

$$= \frac{1-0{,}1656}{0{,}025}$$

$$\approx 33$$

Von einer wirtschaftlichen Rentabilität kann also nicht die Rede sein. Schlimmer noch, der Wald wird zu einer Hypothek. Schutzeinrichtungen und Wiederaufforstungen kosten viel Geld, das ein privater Waldbesitzer nicht aufbringen kann. Unglücklicherweise ist der Wald in der Roten Zone hauptsächlich Privatbesitz; kann man sich da über seinen verwahrlosten Zustand wundern?

Trotzdem werden, zumeist von öffentlicher Seite, große Opfer vollbracht, um den Wald zu retten. Sie sind von der Erkenntnis getragen, daß der Wald mehr ist als ein Holzlieferant.

4.3 Die Zündursachen

Unerläßliche Voraussetzung für die Entstehung eines Waldbrandes ist das gleichzeitige Zusammentreffen dreier Faktoren: Zündanlaß, brennbare Vegetation und entsprechende meteorologische Bedingungen (GEIGER 1954). Fehlt eine der Komponenten, kann sich kein Waldbrand entfalten.

Beginnen wir mit der Analyse der Zündursachen (Tab. 3, S.56). Sie stützt sich auf die 'Rapports sommaires sur les incendies de forêts', die vom O.N.F. für jeden Waldbrand aufgestellt werden.

Die Anlässe der Brände sind in der Regel schwierig zu ermitteln, wie die hohe Zahl ungeklärter Fälle beweist. Das ist um so bedauerlicher, weil die Kenntnis der Ursachen notwendig ist für die Realisierung von Präventivmaßnahmen.

Die bekannten Ursachen lassen sich nach den übergeordneten Kriterien höhere Gewalt, Vorsätzlichkeit und Fahrlässigkeit gliedern.

Tabelle 3 Zündursachen 1966-72

Ursachen	Häufigkeit absolut	relativ
Unbekannt	256	42,5
Höhere Gewalt (Blitz)	19	3,2
Vorsätzlichkeit	66	10,9
Fahrlässigkeit	262	43,4
davon: Verbrennen von Gestrüpp	76	12,6
Müllkippen	28	4,6
Elektrische Leitungen	13	2,2
Auspuffrohre	8	1,3
Wiederentzündung nach Bränden	6	1,0
Eisenbahn	5	0,8
Militär	2	0,3
andere Arten	124	20,6
Insgesamt	603	100,0

Fälle von höherer Gewalt, d.i. Blitz, sind im Untersuchungsgebiet selten. Sie sind erwartungsgemäß an die Orographie gebunden: 15 im Dep. Alpes-Maritimes, 4 im Dep. Var, 0 im Dep. Bouches-du-Rhône. Zum Vergleich sei erwähnt, daß in den Felsengebirgsstaaten Wyoming, Utah und Colorado 60 % der Waldbrände durch Blitz hervorgerufen werden (US-Dep. Agric. 1970).

Den wenigen, ohne den Menschen entstandenen Bränden, steht die Masse anthropogen verursachter Waldbrände gegenüber.

Vorsätzlich ausgelöste Waldbrände können verschieden motiviert sein, wie folgende Beispiele zeigen.

Jäger, denen der Zutritt zu einer Jagdgenossenschaft verweigert worden ist, nehmen Rache, indem sie Brand legen.

Aus Neid werden fremde Trüffelkulturen angezündet.

Als mehrfacher Brandstifter entpuppte sich ein Feuerwehrmann aus Cassis; die für jeden Einsatz gezahlten Prämien waren zu verlockend.

Hirten im Dep. Alpes-Maritimes, manchmal aus Italien herübergewandert, versuchen gegen Ende des Winters, die Weiden durch Brand zu meliorieren.

Holzkäufer stecken den zum Kauf beabsichtigten Wald in Brand, um den Festmeterpreis auf weniger als die Hälfte zu drücken; dabei werden die Bäume getötet, während das Holz nur geringfügigen Schaden erleidet.

Aus ähnlichen Beweggründen entzünden Spekulanten Grundstücke, die sie kaufen wollen.

Ein Beamter vom O.N.F. Nizza erzählte, daß innerhalb eines Jahrzehntes ein Hang zwischen Nizza und Villefranche wiederholte Male vom Feuer heimgesucht wurde. Grund: Dieses Terrain, als 'espace vert' vorgesehen, wurde nicht zur Bebauung freigegeben. Seitdem versuchen Geschäftemacher, den Hang so lange zu ruinieren, bis er nicht mehr als Grüne Lunge zu gebrauchen ist und als Bauland ausgewiesen wird.

Schließlich sei die Gruppe von Pyromanen genannt, deren Anlagen nicht selten unter Einfluß des Fernsehens zur Entfaltung gelangen.

Unter der Überschrift Fahrlässigkeit ist als erstes das Verbrennen toter Vegetation zu nennen. Von November bis April in Garten, Feld und Wald praktiziert, ist es häufig Ursache für Brände in benachbarten Wäldern. Die Hälfte der bekanntgewordenen Brandursachen des Monates März geht auf sein Konto.

Ebenso gefährlich sind kommunale und wilde Müllkippen. Bei einem Rundblick vom Ste.Etoile-Massiv war ein halbes Dutzend auszumachen, die trotz bestehender Vorschriften brannten.

Nicht selten sind elektrische Leitungen Schuld an Waldbränden; so geschehen im Oktober 1970, als bei heftigem

Mistral die Drähte einer Hochspannungsleitung aneinanderschlugen. Die Funken sprangen auf die Wipfel von Seestrandkiefern über und entfachten einen Brand, der einige Tausend Hektar Wald vernichtete.

Auch schadhafte Auspuffrohre können Waldbrände verursachen.

Die Gefahr, daß ein gelöschter Waldbrand wieder entflammt, darf nicht unterschätzt werden. Im Rapport des O.N.F. Nizza vom 19. Juni 1971 heißt es, daß ein Feuer in der Wurzelschicht weiterschmorte und nach vier Tagen wieder ausbrach, obwohl zwischenzeitlich zwei Gewitter niedergegangen waren.

Unbedeutend ist in unserer Zeit die Zahl der durch Eisenbahn und Militär verursachten Brände. Die Dampflokomotiven werden aus dem Verkehr gezogen; die heute verwendete Munition neigt weniger zur Brandauslösung.

Unter der Position 'andere Arten von Fahrlässigkeit', in den benutzten Quellen leider nicht aufgeschlüsselt, sind folgende Ursachen zu verstehen: Campingfreunde, die unbekümmert inmitten des Waldes zelten; Einheimische und Touristen, die am Straßenrand Picknick halten; Kinder, die mit Streichhölzern und Feuerwerkskörpern spielen; Autofahrer, die gegen herrschende Erlasse Zigarettenstummel aus dem Fenster werfen.

An einem Straßenstück von 300 m Länge wurden im Laufe eines Nachmittages 47 Übertretungen gezählt. Eine Extrapolation auf alle Straßen des Untersuchungsgebietes und auf eine ganze Saison würde die Zahl der aufgedeckten Verstöße ins Unendliche steigern. Brennmaterial gibt es zur Genüge an den Straßen, weil viele LKW-Fahrer, die frühmorgens von den städtischen Märkten zurückfahren, die leeren, mit Stroh gepolsterten Obst- und Gemüsekisten an den Straßenrändern abladen (MOLINIER 1971, S. 51).

Welche Schlußfolgerung ist aus der vorangegangenen Betrachtung zu ziehen?

Gegen höhere Gewalt ist wenig auszurichten, wenngleich in den Vereinigten Staaten Versuche unternommen werden, die

Gefahr der Blitzentzündung zu mindern (BARROWS 1966). Der niedrige Prozentsatz dieser Art von Waldbränden in Frankreich könnte aber nicht die hohen Kosten einer Wetterbeeinflussung rechtfertigen.

Der Anteil böswillig gelegter Brände läßt sich vielleicht im Sinne der französischen Volksweisheit "la crainte du gendarme est le commencement de la sagesse" senken. Die dazu notwendige Gesetzesgrundlage ist mit der 'loi méditerranéenne', die im Kap. 6 behandelt wird, gegeben.

Mit Sicherheit können die fahrlässig entstandenen Waldbrände, und das sind 43 %, reduziert werden. Gewiß wird der wachsende Besuch des Waldes durch Einheimische und Fremde das Waldbrandrisiko erhöhen; sicherlich wird die steigende Mobilität, begünstigt durch Motorisierung, Ausbau der Verkehrswege und vermehrte Freizeit, einen anschwellenden Strom von Menschen bis ins Innere der Wälder leiten. Aber diese Besucher können durch Aufklärungskampagnen über die Empfindlichkeit des provenzalischen Waldes informiert werden. Auf diese Weise werden Unwissenheit und Dummheit, Sorglosigkeit und Nachlässigkeit als Zündursachen verringert.

4.4 Die Brennbereitschaft der Wälder

Vielleicht liegt es an der Komplexität und Varietät der forstlichen Vegetation, daß sie bislang selten in ihrer Eigenschaft als Brennmaterial untersucht wurde. Lediglich für einige nordamerikanische und australische Forsthochschulen und Versuchsanstalten waren die 'forest fire fuels' Objekt wissenschaftlicher Forschung.

In jüngster Zeit hat das Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques in Montpellier seinerseits die Untersuchung der 'combustibles végétaux' in Angriff genommen. Unsere dortigen Aufenthalte, verbunden mit Exkursionen

unter Leitung des Botanikers TRABAUD, lieferten neben der nordamerikanischen Literatur das Material für die folgenden Abschnitte.

Es ist offensichtlich, daß eine Garrigue ein anderes Brennmaterial darstellt als ein Nieder- oder ein Hochwald. Aber auch innerhalb eines Waldes gibt es Unterschiede: eine dicke Nadelstreu, ein glatter Stamm oder ein verzweigter Busch bilden jeweils ein anderes Brennmaterial. Und selbst ein und derselbe Busch ist in den verschiedenen Jahreszeiten unterschiedlich brandgefährdet.

Wie die einfachen Beispiele deutlich machen, ist eine Gliederung des Waldes nach vertikaler und horizontaler Struktur, Zusammensetzung und saisonalem Zustand erforderlich.

4.4.1 Die Entzündbarkeit der einzelnen Stockwerke

Die Wurzeln spielen verständlicherweise bei Entstehung und Ausbreitung von Waldbränden keine große Rolle. Mangels Luftzufuhr geraten sie selten in Brand. Dennoch kommt es vor, daß Waldbrände auf die Wurzelschicht übergreifen (s.o.) und sich dort hartnäckig behaupten. Unbemerkt können sie weiterschwelen und nach längerer Zeit den Waldbrand neu entfachen. Wurzelbrände richten nachhaltigen Schaden an, da sie das Ausschlagen von Trieben - wichtige Regenerationsmöglichkeit vieler Laubbäume und Sträucher - unterbinden.

Die Humusschicht ist dank ihrer Feuchtigkeit nicht sehr brandgefährdet. Einmal entzündet, ist sie jedoch schwer zu löschen. Wie der Waldbrand von Jaroslawl/UdSSR im Sommer 1972 zeigte, kann sich das Feuer monatelang in den Humusschichten behaupten. Über die verhängnisvollen Auswirkungen zu sprechen, die das Abbrennen des Humus herbeiführt, erübrigt sich.

In der Bodendecke, die unzersetzte Pflanzenreste enthält, nehmen die Waldbrände meistens ihren Ursprung. Totes Laub, Nadeln, Reisig, Äste und umgestürzte Bäume entzünden sich leicht, weil sie im Unterschied zu lebenden Pflanzen fast kein Wasser enthalten.
Nadeln verwesen langsamer als Blätter und bilden für längere Zeit eine Gefahr. Außerdem bedingt die Länge der Kiefernnadeln - gemeine Kiefer 6 cm, Aleppokiefer 8 cm, Schirmpinie 15 cm, Seestrandkiefer 17 cm (Durchschnittswerte) - eine lockere Verteilung der Streu; sie ermöglicht besser als die kleinen, kompakt geschichteten Tannen-, Fichten- und Lärchennadeln eine unbehinderte Luftzirkulation, was die Ausbreitung des Feuers beschleunigt.
Die abgefallenen Blätter der Eichen sind ebenfalls waldbrandfördernd, da sie nicht zusammenkleben und langsam verfaulen (vgl. DAVIS 1959).

Die Schlagflächen in den wertvollen Tannen- und Fichtenwäldern der Hochprovence werden leider selten vom Abfall geräumt. Nach mündlicher Auskunft der zuständigen Revierförster sind viele Käufer nur an einem schnellen Schlagen und Rücken interessiert, was auf Kosten der Sorgfalt und Sauberkeit geht. Lieber würden sie einen Prozeß riskieren als freiwillig die Überreste beseitigen. Die abgeschlagenen Wipfel und Äste, frei der Luft ausgesetzt und ohne engen Kontakt zum feuchten Boden, sind ein ausgezeichnetes Brennmaterial. Da sie eine große Hitze entwickeln, können Konvektionsströmungen entstehen. In ihnen werden brennende Holzstückchen emporgetragen, um einige hundert Meter weiter hinabzufallen und neue Brandherde zu schaffen.

Die Krautschicht ist in den verschiedenen Beständen unterschiedlich ausgebildet. Spärlich in den geschlossenen Hochwäldern, ist sie üppig in Flaumeichenniederwäldern und den lichten Beständen von Aleppokiefer, Schirmpinie und gemeiner Kiefer. Während im Frühjahr die grünen und fri-

schen Gräser und Kräuter schlecht brennen, werden sie mit Erreichen der Reife merklich trockener und entzündbarer. Sie tragen dann zur Beschleunigung des Bodenfeuers bei, wenngleich bei weitem nicht die Schnelligkeit von Savannenbränden entwickelt wird.

Besondere Bedeutung bei der Ausbreitung von Waldbränden kommt der Strauchschicht zu. Sie bildet die Verbindung zwischen Kraut- und Baumschicht und somit zwischen Boden- und Wipfelfeuer.
In reinen Strauchformationen ist sie das dominante Stockwerk. Meistens sehr dicht, für den Menschen undurchdringlich, gibt sie dem Feuer ausreichend Nahrung. Das Bestandsklima von Garrigue und Macchie fördert mehr als das des Waldes die Brandentwicklung; es kennt nicht die positiven Einflüsse des Waldes auf Wind, Luftfeuchtigkeit, Verdunstung und andere Elemente.
Außerdem enthalten viele Arten der Strauchformationen ätherische Essenzen, während der Brandsaison in konzentriertem Maße. Die Öle verflüchtigen sich unter der Strahlungshitze des Brandes; die ausströmenden Gase erleichtern den Vormarsch des Feuers.

In der Baumschicht sind Nadelhölzer besonders gefährdet. Die Anordnung der Nadeln ermöglicht eine uneingeschränkte Zufuhr des zur Verbrennung notwendigen Sauerstoffes.
Der Harzreichtum - 'Nadelbaum' heißt im Französischen 'résineux', abgeleitet von 'résine' (Harz) - erhöht die Brennbarkeit. Die rissige Borke der Kiefern, die mit zunehmendem Alter gröber wird, vergrößert die Ober- und Angriffsfläche.
Eine erhebliche Rolle, und das gilt auch für Laubbäume, spielt die Dicke der Borke. Feuerresistent ist die Korkeiche, deren Panzer das lebenswichtige Kambium schützt.
Es ist weiterhin von Bedeutung, ob die Bäume frühzeitig die unteren Äste, die sukzessive absterben, verlieren.

Ein Baum mit glattem Stamm ist weniger anfällig für Brand als ein verästelter, niedriger Baum.

Eine besondere Gefahr geht von den toten Bäumen aus, die auf dem Stamm stehen geblieben sind; sie brennen wie Fakkeln und strahlen eine Hitze aus, welche die Brandgefahr für die lebenden Bäume in der Nachbarschaft steigert.

An den Stockwerkbau geknüpft ist die klassische Einteilung der Waldbrände in verschiedene Typen (WECK 1950, TRABAUD 1970).

Bodenfeuer, auch Lauffeuer genannt, verbrennen den trockenen Bodenbelag aus Gras, Laub, Nadeln und Reisig. Die Bäume werden wenig in Mitleidenschaft gezogen. Brände von Garrigue und Macchie werden auch als Bodenfeuer bezeichnet.

Das Wipfel- oder Kronenfeuer nimmt seinen Anfang ebenfalls am Boden. Es fährt auch fort, am Boden zu brennen. Aber unabhängig davon steigt es in die Baumschicht und rollt von Wipfel zu Wipfel. Es kann sich am besten in dichten Beständen entfalten.

Erdfeuer verbrennen die organische Schicht bis auf den Gesteinsuntergrund. Auch sie beginnen als Bodenfeuer, um sich dann in die Humusschicht zu verlagern. Da sie ohne Flamme und mit geringer Rauchentwicklung brennen, sind sie schwer zu entdecken. In der Regel schreiten sie langsam voran; ihre Wirkung ist um so destruktiver. Erdfeuer sind selten in der südlichen Provence, weil die Humusschicht geringmächtig ist; häufig fehlt sie ganz.

Das Stammfeuer ist kein Waldbrandtyp, da es sich nicht flächenhaft ausbreitet. Es wird im allgemeinen durch Blitzschlag ausgelöst und beschränkt sich auf einen einzelnen Baum.

Persönliche Besichtigungen sowie Auskünfte von Offizieren der Protection Civile zeigten, daß die herkömmliche

Einteilung eher theoretischen Wert besitzt. In der Natur tritt gewöhnlich, vor allem an Tagen mit starkem Wind, eine Kombination obengenannter Arten auf, das Vollfeuer.

4.4.2 Menge, Verteilung, Dichte und Feuchtigkeitsgehalt des Brennmaterials

Es ist schwierig, eine Pflanzenmasse, also die Menge des Brennmaterials, quantitativ zu erfassen; sie kann lediglich geschätzt werden. Hinzu kommt, daß die Phytomasse eines Waldes, wenn er nicht abbrennt oder geschlagen wird, von Jahr zu Jahr wächst. Trotz dieser Schwierigkeiten können gewisse Angaben zur Menge gemacht werden: ein Hochwald bietet z.B. mehr Brennmaterial als ein Niederwald oder eine Garrigue.

Nun hat die Menge des Brennmaterials Einfluß auf die Intensität des Waldbrandes (DAVIS 1959). Mit steigender Masse vergrößert sich die Heizkraft des Feuers und damit die Nachhaltigkeit des Schadens, der dem Bestand zugefügt wird. Ein intensives Vollfeuer reduziert also die Überlebenschance der Bäume auf einen Bruchteil.

Die Verteilung des Brennmaterials ist ebenfalls wichtig. Weite, zusammenhängende Waldflächen lassen größere Brände aufkommen als kleine, zerstückelte Parzellen. So konnten Waldbrände im Dep. Var 23mal die 1 000 ha überschreiten, während sie im Dep. Alpes-Maritimes 2mal diesen Wert übertrafen.

Auch die Verteilung innerhalb eines gegebenen Waldes ist von Bedeutung. Eine homogene Anordnung begünstigt einen schnellen und kontinuierlichen Waldbrand; eine heterogene, d.i. eine durch Felspartien, Flußuferwälder und Leerflächen gegliederte Verteilung bremst das Fortschreiten eines Brandes.

Eine erhebliche Rolle spielt die Dichte des Brennmaterials. (Unter Dichte wird hier das Verhältnis der Oberfläche zum Volumen eines Körpers verstanden.)
Ein kompakter Holzklotz ist bekanntlich schwer entzündbar; in Stücke gespalten, gerät er leichter in Brand. Bei vergrößerter Oberfläche kann die Hitze schneller ins Innere vordringen. Das ist gerade bei Holz von Bedeutung, da es ein schlechter Wärmeleiter ist.

Nicht nur der Hitzetransfer, auch die Luftzufuhr wird bei abnehmender Dichte erleichtert. Eine poröse Masse enthält viele mit Luft gefüllte Zwischenräume; der Sauerstoff, Voraussetzung für jeden Verbrennungsprozeß, steht in ausreichendem Maße zur Verfügung.

Bleibt also festzustellen, daß die Brennbereitschaft mit wachsendem Quotienten aus Oberfläche und Volumen steigt (C.E.R.A.F.E.R. 1972).

Mitentscheidend für die Brennbereitschaft der Vegetation ist der Feuchtigkeitsgehalt. Eine mit Wasser getränkte Pflanze ist ungleich schwerer entflammbar als eine trokkene. Der Feuchtigkeitsgehalt ist von klimatologischen und physiologischen Gegebenheiten abhängig. In der Wachstumsperiode des Frühjahrs sind die Zellen prall gefüllt; in der vegetativen Ruhezeit des Sommers sinkt der Wassergehalt auf einen Tiefpunkt, wie es das Welken und der Gewichtsverlust beweisen.

Unterschiedlich ist der Wasserhaushalt und somit die Entzündbarkeit bei den verschiedenen Arten und ihren Organen, wie Blütenstände, Blätter und Wurzeln.

Tote Pflanzen enthalten während der niederschlagslosen Zeit überhaupt kein Wasser, wenn man den minimalen Beitrag der Luftfeuchtigkeit ausklammert.

4.4.3 Die Entflammbarkeit der einzelnen Bestände

Nachdem bislang die Brennbereitschaft des Waldes im allgemeinen erörtert wurde, soll sie nun an einzelnen Beständen konkret behandelt werden. Leider fehlt auch hier das Material für eine quantitative Analyse; erst seit 1972 wird in neuen, für eine spätere elektronische Verarbeitung konzipierten Waldbrandformularen nach Bestandstypen differenziert. Es wäre unergiebig und wenig repräsentativ, dieses eine Jahr auszuwerten, zumal es arm an Waldbränden war.

Auch eine Untersuchung von CORDESSE (1967) kann nicht weiterhelfen. Sie begnügt sich damit, aus Aleppokiefernwald, Eichenniederwald und Garrigue Pflanzenproben zu entnehmen und im Laboratorium einer Hitzequelle auszusetzen. Die unterschiedlich lange Zeit, welche die Pflanzen zu ihrer Entzündung benötigen, bestimmt den Grad ihrer Entflammbarkeit.

Innerhalb einer Frist von 40 Sekunden entbrannten Gräser, trockene Blütenstände, trockene Nadeln und trockene Zapfen von Aleppokiefer sowie trockene Blätter des Gerbersumach.

Bis zu 80 Sekunden brauchten Thymian, grüne Blätter der Flaumeiche, Wacholder, Lavendel, Spitzblättriger Spargel, grüne Blätter des Gerbersumach, Zedernwacholder, Wollige Cistrose, grüne Blätter der Steineiche, Terpentinpistazie und Philaria.

Noch längere Zeit zur Entzündung benötigten Rosmarin, Stechginster, grüne Blätter der Kermeseiche und Igelswolfsmilch.

Mehr als drei Minuten vergingen, bis daß der Spanische Ginster in Brand geriet.

Die Aussagekraft des Experimentes ist nicht groß; denn es erweist sich als schwierig, Kriterien zu finden, welche die verschieden langen Entzündungsfristen erklären. Die Aussagekraft wird weiterhin geschmälert durch die Tatsache, daß bei Versuchen in vitro ideale und stets identische Bedingungen vorliegen, die den Gegebenheiten der Natur kaum entsprechen: isolierte Pflanzen, konstante Wärmequelle etc.

Dagegen versucht der nachfolgende Abschnitt, den komplexen und variablen Verhältnissen in den verschiedenen Beständen gerechtzuwerden.

Macchie und Garrigue sind, wie ihre kalifornischen und australischen Verwandten Chaparall und Scrub, häufig Schauplatz von Bränden. Die feine Verästelung der Zweige und die volatilen Essenzen begünstigen die Entflammbarkeit; die homogene Masse - die gleichen Büsche kehren in regelmäßigem Rhythmus wieder - erlaubt eine kontinuierliche Ausbreitung des Feuers.

Dichter und höher als die Garrigue, besitzt die Macchie eine größere Menge Brennmaterial; das Feuer ist entsprechend intensiver. Ausgetrocknete Baumheidestümpfe, von Sammlern liegengelassen, weil für die Pfeifenherstellung nicht zu verwenden, brennen besonders gut. (Zu Zeiten, als noch Brennholz gesammelt wurde, bevorzugte man die Baumheide, da sie eine größere Hitze abgibt als alle anderen Hölzer, einschließlich der Eiche.)

Die Garrigue ist ebenso leicht entflammbar, wie die hohe Anzahl der Brände bei Marseille beweist. Doch schränken vegetationslose Steinflächen, insbesondere in der Rosmaringarrigue, die Ausdehnung ein.

Die Regeneration der Strauchformation ist problemlos. Die Pflanzen sind vorwiegend perennierende, vegetativ fortpflanzungsfähige Arten, die nach einigen Wochen wieder ausschlagen. Von außerordentlicher Vitalität ist die Kermeseiche, deren Triebe nach zwei Monaten Bleistiftlänge erreichen. Auch Gerbersumach, Thymian, Geißblatt, Spitzblättriger Spargel, Erdbeerbaum, Stechwinde, Baumheide u.a.m. erobern sofort die abgebrannten Flächen zurück, so daß nach wenigen Jahren die Brandspuren verwischt sind. Lediglich Rosmarin und Weiße Cistrose, auf Fortpflanzung durch Samen angewiesen, erscheinen mit gewisser Verspätung.

Die Niederwälder von Steineiche, noch mehr die von Flaumeiche und Hopfenbuche, besitzen ein dickes Unterholz, daher sind sie für Waldbrände anfällig. Außerdem begünstigt die Buschform - die Niederwälder werden nicht höher als 4 m - die Ausbreitung des Feuers. Wären die Laubhölzer als Hochwald bewirtschaftet, würde die Brandgefahr erheblich zurückgehen. Das beweist die Existenz einiger Reste der ursprünglichen Stein- und Flaumeichenhochwälder, die allen Brandanlässen getrotzt haben.

Wenn die Hopfenbuchenbestände vergleichsweise selten brennen, liegt es vielleicht am Standort. Sie bevorzugen nämlich feuchte Schattenhänge und überlassen die trockenen Sonnenhänge gern den Flaumeichen.

Auch die Hölzer der Niederwälder sowie die meisten begleitenden Sträucher vermögen sich durch Stockausschlag fortzupflanzen. Aber sie wachsen langsam heran, so daß die konkurrierenden Nadelbäume die freigewordenen Flächen in Besitz nehmen.

Die Korkeiche ist ein ausgesprochener Pyrophyt. Wenn ihre Borke dick genug ist, sind Bast und Kambium geschützt.

Bei einem Waldbrand 1969 in Biot (Dep. A.-M.) schmolzen unter der Hitze des Feuers die Scheiben benachbarter Gewächshäuser; die Korkeichen hielten Stand. Nach einigen Wochen erschienen die ersten Knospen, im folgenden Frühjahr waren die Bäume grün (Auskunft des O.N.F. Nizza).

Nur eine geschwärzte Oberfläche, in den Maures auf Schritt und Tritt zu sehen, zeugt noch nach Jahren von dem Durchgang eines Feuers.

Wenn jedoch die Bäume innerhalb von 4 Jahren nach der letzten Entrindung - das Schälen erfolgt alle 10 Jahre - vom Brand heimgesucht werden, sterben sie. Das Feuer, das in den weitständigen Wäldern ein wucherndes Unterholz aus Ericaceen, Cistrosen und Ginster vorfindet, dringt bis zum Weißholz durch und zerstört das Gefäßnetz. Aber auch dann

sorgen kräftiger Wurzelausschlag und frühzeitige Reife im Alter von 15 Jahren für schnelle Regeneration.

Um den natürlichen Schutz durch die Borke zu sichern, ist in jüngster Zeit die Korkgewinnung reglementiert worden. Es darf nur jeder zweite Baum entrindet werden, was aber nach Meinung befragter Forstleute noch nicht ausreicht; außerdem müssen die Bestände vom Unterholz befreit werden (Dep. Var, Arrêté Préfectoral du 1er mars 1971). - Vom C.R.P.F. (1972) wird vorgeschlagen, zur Minderung der Brandgefahr nur jeden dritten Baum im zwölfjährigen Rhythmus zu schälen.

Eßkastanienbestände, sowohl als engstehender Hochwald mit geraden, hohen Stämmen wie auch als weitständiger, niedriger Hain mit ausladenden Kronen, haben in der Vergangenheit manche Feuerprobe bestanden. Geschätzt wegen der Früchte und des Holzes für die Böttcherei, erfuhren sie eine sorgsame Hege: alte Bäume, morsche Äste, abgefallenes Laub und aufkommendes Buschwerk wurden entfernt; ein sauberer Rasen bedeckte den Boden.

Dieser Zustand ist heute selten geworden. Adlerfarn, der gegen Ende des Sommers leicht entflammbar wird, Fingerhut, Besenginster und Calluna breiten sich aus. Viele Bäume sind überaltert und neigen dazu, hohl zu werden. Im hohlen Innern kann das Feuer wie im Kamin weiterleben und gegebenenfalls neu entbrennen. Außerdem ist eine große Anzahl der Bäume von den genannten ansteckenden Krankheiten befallen: beginnend am Wipfel, wird nach und nach der ganze Baum trocken. Die toten Bäume stellen ein großes Brandrisiko dar.

Wenn ein verwilderter Kastanienbestand abgebrannt ist, kann er sich durch Stockaustrieb und schnelles Wachstum selbst erneuern. (HAUDENSCHILD, 1973, berichtet aus dem Tessin, daß in der dem Waldbrand folgenden Vegetationsperiode 1,8 m lange Schößlinge getrieben wurden.)

Gering ist die Brandgefährdung der Buchenwälder; die wenigen Bestände sind auf hochgelegene Nordhänge zurückgedrängt, deren Klima eine Brandgefahr weitgehend ausschaltet. Die Strauchschicht ist auch nur spärlich entwickelt, so daß ein Feuer unter dem dichten Kronendach wenig Nahrung findet. Darüberhinaus stehen die Wälder in sorgfältiger Obhut des O.N.F.

Während Laubwälder nur brennen, wenn sie ungepflegt sind oder als Niederwald bewirtschaftet werden, sind Nadelwälder jederzeit brandgefährdet.

Die Aleppokiefer kann auf Grund ihres Lichtbedürfnisses keine dichten Wälder bilden; zusätzlich sind ihre Bestände durch die Frostperiode des Februar 1956 gelichtet worden. So breitet sich ein üppiges Unterholz aus, bestehend aus Arten der Garrigue. Seine Entzündbarkeit wird verstärkt durch abgefallene Nadeln, die in den verzweigten Büschen hängenbleiben.

Eine spezielle Gefahr geht von den trockenen Zapfen aus, die nach der Samenentleerung jahrelang auf dem Baum bleiben. Unter Feuereinwirkung zerplatzen sie wie Granaten und schaffen neue Brandherde.

So oft auch die Aleppokiefernwälder abbrennen, werden sie keineswegs auf Dauer vernichtet. Viele Samen, im Boden verscharrt, überleben den Brand. Wie Messungen im Forschungszentrum von Montpellier (TRABAUD 1970) beweisen, dringt die Hitze kaum ins Erdreich vor; in 5 cm Tiefe beträgt sie 40°. (Ähnliche Werte haben PITOT und MASSON bei Bränden im afrikanischen Busch gemessen.) Die kurze, ein- bis zweiminütige Erhitzung scheint keimstimulierend zu wirken; jedenfalls sprießen im folgenden Frühjahr zahlreiche Sämlinge aus dem pottaschereichen Boden. (MÜLLER, 1970, hat für australische Hölzer festgestellt, daß deren im Boden ruhende Samen durch Feuereinwirkung zur maximalen Auskeimung gelangen.)

Außerdem ist es möglich, daß einige frische Zapfen aus irgendeinem Grund vom Feuer verschont bleiben; sie öffnen sich unter der Hitze und lassen den Samen in die Asche fallen. (SCHMITHÜSEN, 1968, berichtet Ähnliches von den amerikanischen Kiefern Pinus contorta und Pinus banksiana.)

Durch Waldbrände wird das Areal der Aleppokiefer sogar vergrößert; die anemochore Samenverbreitung ermöglicht ihr die Besiedlung von Brandflächen, die vorher von Steineichen bestockt waren.

Wie durch die Waldbrände in den Landes bekannt, ist die Seestrandkiefer ebenfalls brandempfindlich. Dafür verantwortlich sind rissige Borke, Harzreichtum und lange Nadeln, die eine lockere Streu bilden. Die Sensibilität wird nur wenig gemildert durch die Tatsache, daß die hohen Stämme frei sind von niedrigen, toten Ästen. Die schlimmste der brandfördernden Eigenschaften war ihre letale Krankheit (vgl. S. 33): unzählige Baumleichen, auf dem Stamm und am Boden, bedeckten die kristallinen Waldgebirge. Dieses optimale Brennmaterial trug dazu bei, die Waldbrandflächen des Dep. Var in den sechziger Jahren zu einem Höhepunkt zu führen.

Wie die Aleppokiefer wird die Seestrandkiefer in der Ausbreitung ihres Areals durch Waldbrände favorisiert. Hatte sie 1905 einen Anteil von 64 % am Staatswald des Estérel, steigerte sie ihn zuungunsten der Steineiche auf 79 % im Jahre 1958 (COLONNA 1970). Außerordentlich dynamisch, kolonisierte sie jede freiwerdende Fläche; bis zu 100 Sämlinge pro Quadratmeter sollen auf abgebrannten Flächen gezählt worden sein. Aber zu schnell wurden die jungen, auf Grund ihres gleichzeitigen Entstehens homogenen Bestände erneutes Opfer der Flammen, zumal die Bäume in ihrer Jugend buschförmig ausgebildet sind.

Da die Schirmpinie meistens in isolierten, gepflanzten Baumgruppen steht und nur selten Wälder bildet, ist die Brandgefahr gering. Sie wird weiterhin vermindert durch die Obhut der Waldbesitzer, welche die Bestände wegen ihrer Rarität und Schönheit überwachen. Trotzdem sind Schirmpinien nicht gegen Brand gefeit: in der Jugend ist noch nicht die ornamentale Schirmform ausgeprägt, sondern eine leicht entzündbare Buschform; im Alter sind die Wälder dieser lichtliebenden Art voll von verschiedenen Cistrosen, Besenheide und Lavendel, die alle gut brennen.

Die von Natur aus eigenwillige Fortpflanzung wird durch einen Brand unmöglich gemacht; wenn nicht der Mensch einschreitet, wird die Brandfläche von Heide mit Zypressenwacholder eingenommen.

Kiefernwälder sind auch in Deutschland - man denke an die märkischen Kiefernforsten - für ihre Entzündbarkeit bekannt. Ihre Brennbereitschaft vergrößert sich unter dem Klima der mediterranen-montanen Stufe, zumal die Kiefern überwiegend auf trockenen, südexponierten Standorten wachsen. Außerdem fördert ihr Habitus - niedrig, krummwüchsig und astreich - die Brandentwicklung.

Nachteiliger als diese natürlichen Bedingungen ist die Emigration der Landbevölkerung aus der montanen Stufe; die Kiefernwälder bleiben sich selbst überlassen. Nicht nur, daß Waldarbeiter fehlen, die durch Lichtungshiebe, Säuberung der Wege etc. den Wald pflegen; auch das Kulturland - Weinberge, Äcker, Gärten und Weiden, einst wirksame Barrieren gegen die Ausbreitung des Waldbrandes - verkommt. Es wird von wuchernden Büschen und planlos aufwachsenden Kiefern erobert. Die allgemeine Verwilderung erhöht bedenklich die Brandgefahr in der montanen Kiefernwaldstufe; so ist auch die Ausbreitung der Waldbrände über die Rote Zone hinaus (Karte 6, S. 52) zu erklären.

Tannen/Fichtenwälder sind naturgemäß brandempfindlich. Die Flammen können von der trockenen Streu über die unteren Äste, die wegen Lichtmangels absterben, in die Baumschicht klettern. Ein Kronenfeuer kann von Wipfel zu Wipfel springen, so dicht stehen die Bäume. Die Menge des Brennmaterials verursacht ein intensives Feuer, das nur schwer zu löschen ist. - Nach einem Brand können sich die Wälder kaum erneuern.

Trotz der Feuersensibilität sind Brände selten. Das liegt zum Teil am Standort: Nordhang ab 1 200 m; mehr noch ist es der Betreuung durch das O.N.F. zu verdanken, dem alle 'bois noirs' anvertraut sind.

Die Gemeinde Valdeblore, zwischen Tinée und Vésubie gelegen, besitzt einen prächtigen Tannen/Fichtenwald in einer Höhe von 1 250 bis 1 750 m. Der jährliche Niederschlag überschreitet 1 000 mm, so daß Trockenperioden und damit verbundene Entzündungsgefahr selten sind. Jedoch schließt sich hangabwärts ein ungepflegter, da unrentabler Kiefernwald an, in dem wiederholt Brände ausgebrochen sind. Um die Gefahr des Übergreifens abzuschalten - Waldbrände pflegen bergauf zu brennen - hat das O.N.F. den Bau einer trennenden Schneise veranlaßt (Auskunft des O.N.F. Nizza).

Es mag verwundern, daß selbst in der humiden subalpinen Stufe, also in den Lärchenwäldern, Brände ausbrechen. Gegen Ende des Herbstes, unmittelbar vor Abfall der trockenen Nadeln, sind die Lärchen gefährdet. Erhöht wird die Gefahr, wenn die üblichen Herbstregen spärlich ausfallen. So passierte es 1964 im oberen Tinéetal, daß nach einem niederschlagsarmen Herbst - der November brachte 28 mm gegenüber einem Mittel von 130 mm - Lärchenwälder in Flammen aufgingen.
In der trockenen Spreu kann das Feuer seinen Anfang nehmen, um über kleine, junge Individuen auf erwachsene Bäume überzugreifen. (Infolge der in französischen Gebirgen gängigen Schlagmethode 'jardinage', dem Femelschlag vergleichbar, stehen verschiedene Altersklassen nebeneinander.) Die zarten Zweige und Nadeln der Lärche sind so angeordnet, daß dem Feuer Sauerstoff in großer Menge zur Verfügung steht.

Die ständige Wiederkehr von Bränden hat die floristische Zusammensetzung der Bestände geprägt. Bevorzugt sind Pflanzen, die dem Feuer angepaßt sind (Pyrophyten). Eine dicke Borke (Korkeiche), Rhizome sowie andere vegetative Fortpflanzungsorgane (Kermeseiche, Baumheide) und intensive Samenverbreitung (Aleppo- und Seestrandkiefer) ermöglichen ihnen das Überleben. Sie können ihr Areal vergrößern auf Kosten von weniger angepaßten Arten (TRABAUD 1970).

Auch im borealen Nadelwald wird eine brandbedingte Auslese der Hölzer beobachtet. Freie Flächen, die vor dem Brand von Fichten bestanden waren, werden von Kiefern eingenommen. Wenn die Waldbrände ausbleiben, werden die Kiefern allmählich vom Fichtenunterwuchs verdrängt (UGGLA 1958).

Bei Untersuchungen im Eucalyptus-Nothofagus-Wald Tasmaniens hat GILBERT (1959) festgestellt, daß die Eukalypten in dem Maße an Terrain gewinnen, wie die Häufigkeit der Waldbrände wächst. Bei einem Abstand von nur 15 Jahren zwischen den Bränden entsteht schließlich ein reiner Eukalyptuswald.

Das vorige Kapitel hat auch gezeigt, in welchem Maße der Mensch für Entstehung und Ausbreitung der Waldbrände verantwortlich ist. Landflucht in der inneren Provence, Desinteresse an einem unproduktiven Wald in der Küstenprovence haben ihn in einen brandanfälligen Zustand versetzt. Die auslösenden Zündursachen stammen fast immer vom Menschen.

Eine leicht entzündbare Vegetation und die Einwirkung des Menschen sind also zwei wichtige Faktoren für das Entstehen der Waldbrände. Zu ihnen gesellt sich als dritter der klimatische Einfluß, der im folgenden Kapitel untersucht wird.

5 KLIMAGEOGRAPHISCHE BETRACHTUNG DER WALDBRÄNDE

5.1 Das Klima der südlichen Provence

Gemeinhin wird das Klima der südlichen Provence 'mediterran' genannt, wenngleich es diese Bezeichnung eher der Lage am Mittelmeer als den tatsächlichen Gegebenheiten verdankt.

Es erfährt seine großräumige Einordnung durch drei Faktoren (PEDELABORDE 1963):

- Die planetarische Situation zwischen 43° und 45° nördlicher Breite - ein Straßenschild bei Valence erinnert den Reisenden, daß er sich auf halbem Wege zwischen Nordpol und Äquator befindet - läßt die südliche Provence teilhaben an zwei alternierenden Zirkulationsgürteln. Im Sommer liegt sie am Nordrand der subtropischen Hochdruckzone, im Winter gerät sie in die ektropische Westwindzone.
- Die reliefierte Umrahmung wirkt einerseits als Barriere, andererseits als Schleuse: Zentralmassiv und die höchsten Ketten der Alpen schützen vor Störungen, die vom Atlantik nach Mitteleuropa ziehen; der Rhonegraben kanalisiert die Invasion der Luftmassen.
- Die Lage am Mittelmeer, dem wärmsten europäischen Meer, hat Einfluß auf die herangeführten Luftmassen. Je nach Jahreszeit werden sie stabilisiert oder labilisiert. Der benachbarte Genuagolf ist ein Zentrum zyklonaler Aktivität während der kühlen Jahreszeit.

Das so bestimmte Großklima wird innerhalb des Untersuchungsgebietes durch drei weitere Faktoren differenziert:

- Die westöstliche Erstreckung (230 km) läßt die rhodanischen Einflüsse nach Osten hin abnehmen und die mediterranen um so stärker hervortreten.
- Die unterschiedliche Küstenferne (bis zu 100 km) verursacht den Wechsel von der maritimen Küstenprovence zur semikontinentalen Innerprovence; er wird gebietsweise akzentuiert durch den küstenparallelen Verlauf der Bergketten.
- Der Höhenunterschied (3 000 m) bedingt einen Wandel von der mediterranen Niederprovence zur montanen Hochprovence. Die beiden Klimabereiche werden geschieden durch die Grenze des Ölbaums, die vom Verdon über Grasse zur Côte d'Azur verläuft.

  Die Verbreitung des Ölbaums in Frankreich wurde von MARTINS (1868), FLAHAULT (1897) und FISCHER (1904) untersucht. Ihre Ergebnisse erfuhren eine spätere Überarbeitung durch GAUSSEN (1937).

  Bei einem Besuch des 'Service Régional de l'Oléiculture' in Marseille haben wir festgestellt, daß die Verbreitung des Ölbaums zurückgegangen ist. Verantwortlich für den Rückgang sind sowohl die extremen Frostperioden des Februar 1956 und des Januar/Februar 1963 als auch wirtschaftliche Gründe: die Landflucht in der Innerprovence führte zu einer Extensivierung der Landwirtschaft, u.a. zur Einschränkung der Ölbaumkultur.

  Das aktuelle Areal des Ölbaums kann also nur unter Vorbehalt mit dem Bereich mediterranen Klimas gleichgesetzt werden, da nichtklimatische Einflüsse beteiligt sind.

Nach den Faktoren nun die Eigenschaften des südprovenzalischen Klimas. Beginnen wir mit der Einstrahlung!

Das Untersuchungsgebiet ist berühmt für Wolkenarmut und Sonnenreichtum. Die Station Toulon erfreut sich einer mittleren jährlichen Sonnenscheindauer von 2 917 Stunden (frz. Rekord); Münster, zum Vergleich, meldet 1 584 Stunden. Die absolut längste Dauer registrierte Aix-en-Provence im Jahre 1961 mit 3 236 Stunden (ebenfalls frz. Rekord).

Vermutlich ist die Sonnenscheindauer auf dem Plateau von Valensole, wo die nationale Sternwarte errichtet ist, noch länger. Leider gibt es keine meteorologische Station in diesem Raum.

Der Sonnenreichtum geht nicht nur auf das Konto des sommerlichen Hochdruckwetters mit absinkender, divergierender Luftbewegung; auch die vorherrschenden Winde aus dem nordwestlichen Quadranten sind verantwortlich für die überwiegende Heiterkeit. (Le mistral dégage le ciel.)

Die Temperaturen unterstreichen das privilegierte Klima der südlichen Provence.

Im Sommer liegen die täglichen Mitteltemperaturen für drei bis vier Monate über 20°, die Hochprovence ausgenommen. Die höchsten Werte von 23,5° (Juli) werden im Dep. Bouches-du-Rhône gemessen, wo sich der kontinentale Einfluß des Rhonetals bemerkbar macht, und im ebenfalls kontinental getönten Inneren des Dep. Var. Dort sind auch die täglichen Maxima mit 30,9° (Juli) am höchsten. Im Juli 1950 wurde im inneren Dep. Var ein mittleres Maximum von 35,3° gemessen (frz. Rekord).

Merklich niedriger sind die Temperaturen, besonders die Maxima, an der Küste. Die abkühlenden Seebrisen wirken der nachmittäglichen Erhitzung entgegen, so daß Nizza im Juli eine mittlere Höchsttemperatur von 26,3° besitzt; nur an vier Tagen pro Jahr klettert das Thermometer über 30°.

In den Übergangszeiten ist für das Landesinnere ein steiler Verlauf der Temperaturkurve charakteristisch; so wird der Herbst auf zwei Monate verkürzt. Für die Küstenstationen sind hingegen langsamer Temperaturanstieg und -abfall kennzeichnend.

Der Winter ist mild, am mildesten an der Küste. Toulon meldet im Dezember, Januar und Februar mittlere Tagestemperaturen von 9,6°, 9,1° und 9,3°. In den Voralpen liegt die mittlere Januartemperatur zwischen 0° und 5°; erst in den Seealpen fällt sie unter den Gefrierpunkt.

Die mittleren Minima weisen eine ähnliche Abstufung auf. Die Küste östlich Toulon kennt weniger als 10 Frosttage pro Jahr; Nizza sogar nur 3. Das Dep. Bouches-du-Rhône, offen für Kaltlufteinbrüche aus dem Rhonetal, erwartet 20 - 30 Frosttage; Spätfröste (nach dem 1. März) sind nicht selten.
Die Hochprovence zählt mehr als 30 Frosttage; mit der Höhe wächst die Anzahl auf 90.

Die relative Luftfeuchtigkeit zeigt erwartungsgemäß einen klaren Unterschied zwischen innerer und maritimer Provence. In der inneren Provence besitzt sie einen ausgeprägten Jahresgang mit Sommerminimum und Wintermaximum. An der Küste hingegen herrscht während des ganzen Jahres gleichbleibend hohe Luftfeuchtigkeit (75 % in St. Raphael).
Eine Ausnahme macht die Côte d'Azur; sie hat ein Winterminimum, zurückzuführen auf das Vorherrschen ablandiger, föhniger Winde.

Der Niederschlag ist für vorliegende Untersuchung von besonderem Interesse.

Die Jahresmenge ist durchaus nicht niedrig; abgesehen vom Dep. Bouches-du-Rhône, eines der niederschlagsärmsten Gebiete Frankreichs, liegt sie überall höher als 700 mm. Sie steigt von Westen nach Osten (Marseille 632 mm, Menton 796 mm) und von der Küste zum Gebirge (Küste des Dep. Var 750 mm, Seealpen 1 100 mm).

Sie unterliegt jedoch beachtlichen Schwankungen, was zwei Beispiele aus jüngerer Zeit beweisen:
1967 fiel in Istres (Crau) mit 221 mm die geringste Jahresmenge, die je eine französische Station erhalten hat.
1972 empfing Collobrières (Maures) allein in den Monaten Januar und Februar 782 mm Niederschlag.

Die jahreszeitliche Verteilung sieht nicht den Winter an erster Stelle - daher ist die südliche Provence kein typisches Mediterrangebiet - sondern den Herbst. In dieser Jahreszeit ist die zyklonale Aktivität, hervorgerufen durch den Konflikt eindringender Polarluft und stagnierender Mittelmeerluft, besonders groß, weil letztere von dem noch warmen Wasser angeheizt ist. (Mittlere Wassertemperatur an der Côte d'Azur im Oktober 18,6°.) Eine starke vertikale Instabilität ist die Folge; sie offenbart sich in heftigen, oft gewittrigen Schauern.

So fallen in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes 30 % bis 50 % des Niederschlages als Starkniederschlag (> 30 mm/ 24 h); in den Voralpen von Grasse sogar mehr als 50 %. Nizza erhält jährlich 810 mm an 82 Tagen; Münster, zum Vergleich, 742 mm an 192 Tagen.

Das Gegenstück zu dieser Niederschlagsintensität ist die sommerliche Trockenheit, verursacht durch das nach NE verlängerte Azorenhoch. Wählt man als Kriterium für Aridität den xerothermischen Index von BAGNOULS/GAUSSEN (1953), und zwar in der von WALTER (1955) vereinfachten Form R < 2T, kennt das Untersuchungsgebiet bis zu drei trockene Monate. Am längsten in der Küstenprovence, nimmt die Trockenheit mit der Höhe ab, um in der Hochprovence auszubleiben (vgl. C.N.R.S., Carte climatique, 1972 und 73).

Mittelwerte können auch hier nicht viel aussagen; je nach Wetterlagen ist die sommerliche Trockenheit unterschiedlich in Länge und Intensität. Im Jahr 1970 erhielt Ste. Maxime, am Golf von St. Tropez gelegen, in den Monaten April bis September 21,8 mm Regen, davon 1 mm von Juni bis September. Die täglichen Mitteltemperaturen betrugen in diesen vier Monaten 21,0°, 23,1°, 23,7° und 22,1°.

Wundert es da, daß in der ersten Dekade des folgenden Oktobers gut 11 000 ha Wald abbrannten?

Einen hervorragenden Platz im Klima (und Leben) der Provence nehmen die Winde ein, wie zahllose provenzalische Volksweisheiten kundtun:

"Levant que gèlo
mistrau que desgèlo
femo que parlo latin
capelan que bèu lou matin
fan marrido fin."

"Vent d'Est qui gèle
Mistral qui dégèle
Femme qui parle latin
Prêtre qui boit le matin
Font de tristes fins."

(BASSET-TERUSSE 1963, S.28)

Eine klimageographische Studie des Französischen Wetterdienstes (METEOR.NAT. 1961) bestätigt die Bedeutung der Winde in der südlichen Provence:

Alle synoptischen Stationen Frankreichs wurden nach ihrer Anzahl von Tagen mit Starkwind ($\geqslant 16\ m \cdot sec^{-1}$) geordnet. Wer die bretonischen und normannischen Stationen, frei den Westwinden ausgesetzt, auf den ersten Plätzen wähnte, sah sich getäuscht. Mit klarem Abstand führen mediterrane und rhodanische Stationen. Aber auch die Reihenfolge innerhalb dieser Spitzengruppe ist verblüffend: Nicht Montélimar, das unter dem Düseneffekt des Engpasses von Donzère steht, nicht Salon und Istres in den baumlosen Ebenen von Camargue und Crau, sondern Toulon und Perpignan führen die Tabelle an.

Es sind Mistral (Toulon) und Tramontane (Perpignan), welche diese beiden Stationen zu den windreichsten in Frankreich machen.

Die Tramontane ist mit dem Mistral verwandt, um nicht zu sagen, identisch. Sie basiert auf denselben synoptischen Situationen, die nachfolgend für den Mistral dargelegt werden. Ebenfalls erfährt sie eine Kanalisierung durch das Relief, und zwar an der Schwelle von Naurouze im Garonnetal zwischen Massif de Corbières (Pyrenäen) und Montagne Noire (Zentralmassiv).

Welche meteorologischen Situationen erzeugen den Mistral?

Die zahllosen Möglichkeiten lassen sich auf drei Grundtypen

zurückzuführen (BOYER/ORIEUX 1970; BORDREUIL 1972 und Auskünfte anderer Meteorologen des Wetteramtes Marseille-Marignane). Allen Typen gemein ist die Anwesenheit einer Depression über dem Genuagolf oder der Poebene. Ihre Tiefe und Lage bestimmen Stärke und Wirkungsbereich des Mistrals. Ein Tief über der Poebene erzeugt einen Mistral maximaler Ausdehnung, der die Côte d'Azur, meistens mit den Eigenschaften eines Föhns, und Korsika erreicht.

Typ I: Hochdruckzelle im Westen der Biskaya

Beispiel: 25. August 1969

Die quasistationäre Antizyklone steuert atlantische Störungen in rascher Folge um ihre Nord- und Ostflanke. Beim Durchzug der Fronten, die über Frankreich ins Mittelmeerbecken wandern, erhebt sich der Mistral; er schwächt sich ab, sobald Zwischenhochs passieren. Solche Situationen können zu andauernden Mistralserien führen, solange die Antizyklone als Aktionszentrum erhalten bleibt. Dieser Mistraltyp ist nicht kalt, da er erwärmte Polarluft (mP und mP_T) heranführt.

Typ II: Meridionale Hochdruckachse von der Biskaya zum Europäischen Nordmeer

Beispiel: 14. Februar 1965

Eine Hochdruckachse reicht von der westlichen Biskaya zum Europäischen Nordmeer. Eine Zone tiefen Drucks erstreckt sich von der Ostsee bis ins zentrale Mittelmeer. In einer kräftigen meridionalen Strömung (Sturmflut an der Nordseeküste) wird frische Arktikluft (mPA) in den Mittelmeerraum geführt. Ein starker Luftdruckgradient herrscht über der südlichen Provence. Diese Lage ist im allgemeinen von geringerer Persistenz als die vorausgegangene.

Typ III: Kontinentales Hoch

Beispiel: 6. März 1964

Eine Hochdrückbrücke verbindet die Britischen Inseln mit Rußland, in ihrem westlichen Teil von einem Höhenhoch gestützt. An ihrer Südflanke dringt kontinentale Kaltluft (cP_A und cP) ein, die im Konflikt mit mediterraner Warmluft eine lebhafte Zyklogenese im Mittelmeerbecken hervorruft. Die Auswirkungen dieses eiskalten Mistrals - im Februar 1956 wurde im Dep. Var bei ähnlicher Lage $23{,}5^{\circ}$ Kälte gemessen - sind verheerend für Land- und Forstwirtschaft. Gebunden an ein Hoch über Osteuropa tritt dieser Typ vorwiegend in der kälteren Jahreszeit auf.

Wie häufig, wie lange und mit welcher Geschwindigkeit weht der Mistral?
Leider sind, wenn man von älteren Publikationen (WEDEMEYER 1933) absieht, nur Werte der Station Marseille-Marignane veröffentlicht (BOYER/ORIEUX 1970; BORDREUIL 1972).

Ihnen liegt folgende Mistraldefinition zugrunde: Der Mistral ist ein Nordwestwind, der aus dem Sektor 280° bis 360° mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von mindestens 5 $m \cdot sec^{-1}$ für wenigstens 6 Stunden weht.

Die Auszählung von 90 000 Windbeobachtungen ergab, daß der Mistral mit 26 % Häufigkeit - jeder vierte Tag unterliegt ihm - der dominante Wind ist. Er kann bis zu acht aufeinanderfolgende Tage anhalten, was nicht ausschließt, daß Serien von vier Wochen, mit kleinen Unterbrechungen, möglich sind. In Böen erreicht er Geschwindigkeiten von 45 $m \cdot sec^{-1}$.

Bei Durchsicht unveröffentlichter Statistiken der Station Toulon haben wir festgestellt - die zitierte Studie über die Anzahl der Starkwindtage ließ es vermuten - daß der Mistral, hier aus dem Sektor 260° bis 320° wehend, noch häufiger und heftiger ist. Sein Anteil an der Gesamtheit der Winde in Toulon liegt bei 28 %; in augenblicklichen Spitzengeschwindigkeiten erreicht er 55 $m \cdot sec^{-1}$.

Wie ist die erhöhte Geschwindigkeit zu erklären?
Bei Annäherung an das Genuatief erfährt der Mistral eine neuerliche Beschleunigung durch die verstärkte Gradientkraft, so daß in Toulon höhere Geschwindigkeiten erzielt werden als in Marignane und in den Stationen der Camargue, Crau und des Rhonetals.

Ähnliches gilt für die Tramontane. Auch hier liegt ein Tief im Lee der Pyrenäen - man denke an die zyklonale Aktivität bei den Balearen - das die Windgeschwindigkeit erhöht.

Die negativen Auswirkungen des Mistrals werden in manchem Sprichwort beklagt:

"Parlement, mistral et Durance
Sont les trois fléaux (Geißeln) de Provence."

Nun existiert das Provenzalische Parlament in Aix seit langem nicht mehr, die Durance wurde in diesem Jahrhundert gebändigt - der Mistral fährt fort zu blasen.

Wie die 32-teilige provenzalische Windrose zeigt, gibt es außer dem 'Meister' noch andere Winde und Brisen. Gewiß wäre es reizvoll, sie zu interpretieren; sie haben aber keine Bedeutung für die vorliegende Untersuchung. Es sei lediglich das Brisensystem skizziert, ohne das die Beschreibung des südprovenzalischen Klimas unvollständig bliebe.

Bei antizyklonalen Bedingungen (Luftdruckgradient < 1mb/100km) verursachen thermische Kontraste das Entstehen tagesperiodischer Winde. Zu dem bekannten Land/Seewindregime gesellen sich Hangzirkulation und, an den Mündungen nordsüdlicher Täler (Rhone, Siagne, Loup, Var), ein Zyklus von Talauf- und Talabwinden. Aus dieser dreifachen Kombination resultiert ein kräftiger Tages- bzw. Nachtwind, der stärker als eine normale Brise ist. So reicht der Tageswind im Rhonetal 150km landeinwärts bis Montélimar, wie durch Wind- und Feuchtigkeitsmessungen festgestellt wurde (METEOR.NAT. 1970).

Der bekannteste der diurnen Winde ist zweifellos die 'brise du Var'. Als Landwind und katabatischer Wind, kanalisiert durch das Vartal, erreicht sie Stärken von 10 m/sec. Sie weht mit außergewöhnlicher Konstanz praktisch täglich, wenn antizyklonale Bedingungen herrschen. Im Sommer ist sie auf die Nacht beschränkt, im Winter weht sie vom Spätnachmittag bis zum folgenden Mittag.

Auch außerhalb von Talmündungen können tagesperiodische Winde bei entsprechendem Relief hohe Geschwindigkeiten erzielen, was den Seglern an der Côte d'Azur nicht unbekannt ist.

Die Tageswinde ändern mit dem Sonnenstand ihre Richtung. Wie wir in der synoptischen Station von Toulon erfahren konnten, weht die Seebrise morgens aus E, dreht im Laufe des Tages über SE nach S, um gegen 18 Uhr GMT aus SW bis W zu wehen. Daher wird sie von den provenzalischen Fischern 'vent solaire' genannt, oder, zu den jeweiligen Tageszeiten: 'lavagnou', 'miejou' und 'pounènt'.

Zusammenfassung

Will man summarisch das Klima der südlichen Provence charakterisieren, so drängt sich ein Satz von PEDELABORDE auf:

"En somme, il existe ici une antithèse permanente entre les mécanismes d'abri (Schutz) et les mécanismes de trouble."

(PEDELABORDE 1963, S. 109)

Einerseits bedingen orographischer und aerologischer Schutz das ungetrübte, sprichwörtlich gewordene Mittelmeerklima, das jedes Jahr Millionen von Touristen anlockt.

Andererseits verursacht die Lage im klimageographischen Kontakt zwischen Atlantik und Mittelmeer, Zentralmassiv und Alpen gegensätzliche, oft brutale Erscheinungen. Extreme Werte sind keine säkularen Ausnahmen. Man braucht nicht in den Chronologien der Observatorien Marseille und Nizza, deren Lektüre übrigens reizvoll ist, zurückzublättern, um klimatische Rekorde zu finden. Jahr für Jahr treten exzessive Bedingungen auf, was die zitierten Klimadaten, alle aus jüngerer Zeit, belegen sollten. Sie lösen nicht selten Katastrophen aus wie verheerende Fröste, Dürren, Bergstürze, Überschwemmungen und Waldbrände.

5.2 Analytische Untersuchung: Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände in Abhängigkeit von einzelnen Klimaelementen

5.2.1 Das Arbeitsverfahren

Welche Klimaelemente können auf Waldbrände Einfluß haben? Die Wetterdienste in Nordamerika, Australien, UdSSR und DDR berücksichtigen Parameter aus den Bereichen Temperatur, Wasserdampfgehalt der Luft, Wasserhaushalt und Wind.

Die Durchsicht einschlägiger Literatur sowie Unterredungen mit den zuständigen französischen Meteorologen rieten zu folgender Auswahl:

- Höchst- und Mitteltemperatur
- niedrigste und mittlere relative Luftfeuchtigkeit
- vorausgegangene Niederschlagslosigkeit
- Wasserreserve im Boden
- mittlere und maximale Windgeschwindigkeit
- Windrichtung

Diese Klimaelemente sollen also für jeden der 809 Waldbrände, die im Jahrzehnt 1961 - 70 ausgebrochen sind, untersucht werden.

Zweifellos ist es wissenswert, ihren Einfluß auf die Waldbrände unmittelbar, d.h. am Ort und zum Zeitpunkt des Geschehens zu erfahren. Das ist in der Regel nicht möglich, mit Ausnahme von 'controled forest fires', die in Nordamerika und Australien zu wissenschaftlichen Zwecken angezündet werden (TAYLOR 1968 und 1971). Hingegen müssen wir mit den Auskünften benachbarter Stationen vorliebnehmen.

Bei der Auswahl der Stationen, die uns über die klimatischen Verhältnisse am Waldbrandort unterrichten sollen, ließen wir uns von den kompetenten Meteorologen leiten. Sie rieten, für Fragen der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und des Windes folgende fünf synoptische Stationen zu wählen (Karte 7, S.86).

- Die Station Marignane ($\varphi = 43^{\circ}26'N$; $\lambda = 05^{\circ}13'E$; $h_b = 7{,}5m$) auf dem Flughafen Marseille-Marignane am Ostufer des Etang de Berre, Sitz des regionalen Wetteramtes, wird die klimatischen Auskünfte für die Waldbrände des Dep. Bouches-du-Rhône geben. Im Übergang zwischen Rhonetal und Mittelmeer gelegen, entspricht sie dem Klimacharakter dieses Departements: Hohe Temperaturen im Juli ($23{,}5^{\circ}$) stehen relativ niedrigen im Januar ($6{,}4^{\circ}$) gegenüber. Die schwache Pluviosität offenbart sich in der Jahresmenge von 519 mm, verteilt auf 73 Tage. Die uneingeschränkte Durchlüftung der Station - 102 Tage im Jahr mit Starkwind - ist ebenfalls typisch für das offene, windreiche Dep. Bouches-du-Rhône. Gleiches gilt für die Polarisation der Hauptwindrichtungen, NW-SE, die den permanenten Konflikt zwischen trockenem Mistral- und feuchtem Mittelmeerregime verrät. Letzteres ist in Häufigkeit und Intensität weit unterlegen, so daß geringe Bewölkung und hohe Einstrahlung kennzeichnend sind.

Karte 7
Verwendete Stationen
5°E
+ 44°N
ALPILLES
ISTRES
AIX-NORD
AIX-SUD
MARIGNANE
MARSEILLE
VERDON
St. MAXIMIN
LE LUC
DRAGUIGNAN
TOULON
TOULON
MAURES
ESTEREL
St. RAPHAEL
LOUP
TINEE
ROYA
NIZZA
COTE D'AZUR
6°E
+ 43°N
5 0 5 10 15 20 km
Grenze des Einzugsbereiches
Grenze des Sektors
Regenmeßstation
Temperatur- und Regenmeßstation
Synoptische Station

Für das Dep. Var werden drei Stationen die klimatischen Daten zu den Waldbränden liefern.

- Die Station Toulon (φ = 43°06'N; λ = 05°56'E; h_b = 26,5m) steht stellvertretend für den westlichen Küstenabschnitt. Ausgesprochen ozeanisch, ist die Jahresamplitude mit 14,2° um 3° geringer als die von Marignane. Die Winter erfreuen sich des mildernden Meereseinflusses, der die mittlere Januartemperatur nicht unter 9,1° sinken läßt.
Ähnlich wie in Marignane ist das Windregime, wenngleich die Achse der Hauptwindrichtungen, WNW-E, leicht verschoben ist. Die Dominanz des Mistrals macht sich in den 131 jährlichen Starkwindtagen bemerkbar; auch die Niederschlagsarmut im Sommer - 43 mm in 3 Monaten - verrät das Vorherrschen nordwestlicher Winde.

- Die Station St. Raphael (φ = 43°25'N; λ = 06°45'E; h_b = 6m) repräsentiert den östlichen Küstenabschnitt. Ihr fällt besonderes Gewicht zu, weil sie im Zentrum der Waldbrandgebiete Maures, Estérel und Tanneron liegt.
Durch diese Bergländer ist sie nach SW und NE abgeschirmt. Frei hingegen ist sie für Einflüsse aus NW, die im Argenstal einen vorgebenen Kanal finden; ebenso ungehindert können maritime Einflüsse aus SE durch die offene Bucht von Fréjus eindringen. So herrscht auch hier der klassische Zweikampf des Mistral- und des Mittelmeerregimes, wiederum mit klarer Überlegenheit des Mistral (jährlich 80 Tage mit Starkwind).
St. Raphael - und das gilt mutatis mutandis für den übrigen östlichen Küstenabschnitt - unterscheidet sich von den vorausgegangenen Stationen durch größere Humudität. Mit über 800 mm Jahresniederschlag ähnelt es bereits den Orten an der Côte d'Azur.

- Die Station Le Luc (φ = 43°23'N; λ = 06°23'E; h_b = 92m) spiegelt den semikontinentalen Klimacharakter des Binnen-

landes wider: steiler Anstieg und Abfall der Temperaturkurve, Temperaturmaxima im Juli und August über 30°, relative Luftfeuchtigkeit im Juli von 29 %. Die Hitze fördert die Gewitterneigung, so daß Schauer die sommerliche Trockenperiode mildern.
Das Windregime ist nicht anders als in den vorausgegangenen Stationen; West- bis Nordwestwinde herrschen vor Ost- bis Südostwinden. Die 86 Starkwindtage pro Jahr beweisen, daß auch im Binnenland heftige Winde häufig sind.

- Die Station Nizza ($\varphi = 43^{\circ}39'N$; $\lambda = 07^{\circ}12'E$; $h_b = 9{,}7$ m), auf dem Flughafen Nice-Côte d'Azur an der Mündung des Flusses Var gelegen, soll die Klimadaten für die Waldbrände im Dep. Alpes-Maritimes liefern. Die Repräsentanz der Station ist beschränkt; sie gilt nur für die Côte d'Azur. Da es aber im Hinterland keine synoptische Station gibt, müssen nolens volens auch die Waldbrände des Landesinnern auf Nizza bezogen werden.
Es wird problematisch sein, für die Windverhältnisse bei Waldbränden im Dep. Alpes-Maritimes Aussagen zu treffen; denn die Werte von Nizza sind verfälscht durch das Brisensystem, namentlich durch die 'brise du Var'.

Diese fünf Stationen, uns durch längere Aufenthalte wohl vertraut, liefern das Basismaterial für die analytische Untersuchung. Es erscheint für jede Station in dem achtseitigen 'Tableau Climatologique Mensuel', das übrigens eine Fundgrube für Arbeiten zur Klimageographie Frankreichs darstellt. Es enthält Häufigkeits-, Mittel-, Extrem- und Terminwerte für alle Klimaelemente.

Absolute Zuverlässigkeit des Ausgangsmaterials ist gewährleistet. Die genannten Stationen betreuen internationale zivile Luftfahrt (Marignane und Nizza), militärische Aeronautik (St. Raphael und Le Luc) und Kriegsmarine (Toulon).

Zu ihren weiteren Kunden gehören neben Fernsehen, Rundfunk und Presse zahllose Interessenten aus verschiedenen Wirtschaftsbereichen.

Die topographische Lage der Stationen zu den Waldbrandorten ist befriedigend, wie ein Vergleich der Karten 6 und 7 zeigt. Der Abstand beträgt, von peripheren Waldbränden abgesehen, weniger als 35 km. Die relativ geringe Distanz gestattet es, für die klimatischen Verhältnisse am Orte eines Waldbrandes die der benachbarten Station anzunehmen.

Eine Ausnahme macht der Wasserhaushalt. Bei den sommerlichen Konvektionsregen sind auf kurze Entfernung beachtliche Unterschiede möglich. Daher muß der Einzugsbereich einer synoptischen Station untergliedert werden in kleinere Sektoren. Diese enthalten Regenmeßstationen für den Niederschlag und kombinierte Temperatur/Regenmeßstationen für die Verdunstung

Die Grenzziehung zwischen den Sektoren wie auch zwischen den Einzugsbereichen der synoptischen Stationen geschieht in Anlehnung an den Französischen Wetterdienst.

Nachdem die methodischen Vorfragen geklärt sind, kann eine Kartei angelegt werden, die für jeden der 809 Waldbrände des Dezenniums 1961-1970 ein Arbeitsblatt nach dem Muster der Abb.3 (S.90) enthält.

Anschließend erfolgt die Auswertung, indem die einzelnen Klimaelemente nacheinander in ihrem Einfluß auf die Waldbrände untersucht werden. Beginnen wir mit der Temperatur.

Der Einfachheit und Klarheit halber werden Klimaelemente, wenn sie im Text wiederholt genannt werden, gelegentlich durch die üblichen Abkürzungen wiedergegeben. Dabei bezeichnen Großbuchstaben die Mittelwerte der Periode 1961-70, Kleinbuchstaben die Einzelwerte an Waldbrandtagen.

Abb. 3 Muster eines Arbeitsblattes

Ort ..... Tanneron
Abgebrannte Fläche ..... 4 000 ha

Datum ..... 3. Oktober 1970
Beginn des Waldbrandes ..... 12.30 Uhr

Einzugsbereich der Station ..... St.Raphael
Sektor ..... Estérel

Tageshöchsttemperatur ..... $22,6^{o}$
Tagesmitteltemperatur ..... $18,7^{o}$

Niedrigste relative Luftfeuchtigkeit ..... 31 %
Mittlere relative Luftfeuchtigkeit ..... 43 %

Anzahl der vorausgegangenen Tage ohne Niederschlag $\geqslant$ 0,1 mm 18
Anzahl der vorausgegangenen Tage ohne Niederschlag $\geqslant$ 1,0 mm 18
Anzahl der vorausgegangenen Tage ohne Niederschlag $\geqslant$ 10,0 mm 149

Wasserreserve im Boden ..... 12 mm

Tagesmittel der Windgeschwindigkeit..... 12,3 $m \cdot sec^{-1}$
Windrichtung / maximale Windgeschwindigkeit..... 30/25 um 13.00 Uhr

Windrichtung in Zehnergrad / mittlere Windgeschwindigkeit in $m \cdot sec^{-1}$

	28/12	28/11	28/10	30/14	30/14	30/16	28/12	30/09
Uhrzeit:	00	03	06	09	12	15	18	21

5.2.2 Höchst- und Mitteltemperatur

Abbildung 4 (S.92) gibt Auskunft über die Höchsttemperaturen (tx) an Waldbrandtagen im Einzugsbereich der Station Toulon. Das Schaubild zeigt nicht die Werte eines einzelnen Jahres, sondern die Gesamtheit aller zehn Jahre.

Die verwendeten Symbole (∘ , ○ , ●) entsprechen der Ausdehnung der Waldbrände, die bei der klimageographischen Betrachtung von besonderem Interesse ist. Denn neben der Waldgröße ist es von der Witterung abhängig, ob ein Waldbrand klein bleibt oder eine riesige Ausdehnung erfährt. Diesem Umstand wird bei der graphischen Darstellung in folgender Weise Rechnung getragen:

- Waldbrände kleiner Ausdehnung : 10 ha ⩽ ∘ < 100 ha
- Waldbrände mittlerer Ausdehnung : 100 ha ⩽ ○ < 1 000 ha
- Waldbrände großer Ausdehnung : 1 000 ha ⩽ ● < 10 000 ha

Die x-Werte der Symbole sagen, wann die Waldbrände ausgebrochen sind. Mit Hilfe der Zeitachse ist eine auf den Tag genaue Datierung innerhalb des Jahresganges möglich. Dabei bleibt unberücksichtigt, weil unwichtig, in welchem Jahr des Jahrzehntes der einzelne Waldbrand stattgefunden hat.

Die y-Werte informieren über die tx, die an den Waldbrandtagen geherrscht haben. Eine Ablesung auf Zehntelgrad ist möglich. Um die Aussagekraft dieser Information zu vergrößern, ist zusätzlich eine Kurve eingezeichnet, die den Jahresgang der Tx darstellt. So kann der konkrete Einzelwert eines Waldbrandtages verglichen werden mit dem jeweiligen Durchschnittswert.

Es wurde darauf verzichtet, für den Vergleich Durchschnittswerte aus früheren Perioden zu übernehmen. Vielmehr wurden eigens für den Zeitraum 1961-1970 von allen Klimaelementen neue Mittelwerte errechnet, um möglichen echten und scheinbaren Klimaänderungen aus dem Wege zu gehen.

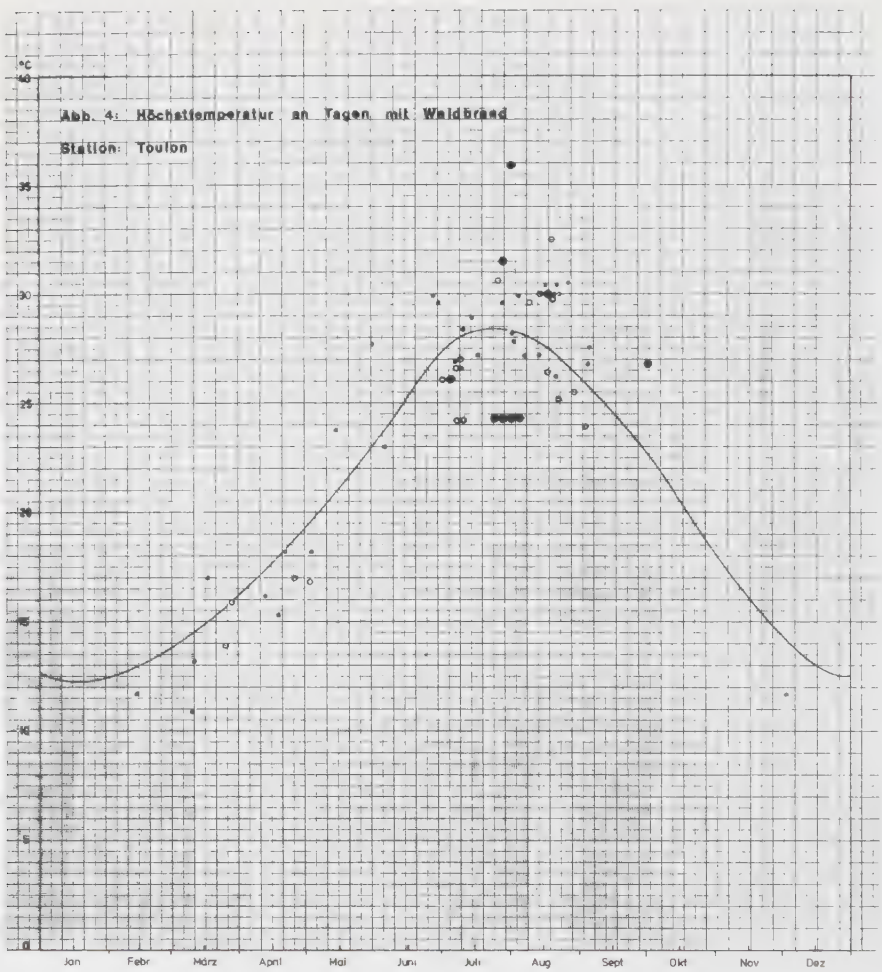


Abb. 4: Höchsttemperatur an Tagen mit Waldbrand

Station: Toulon

Ein Beispiel soll das bisher Gesagte veranschaulichen. Nehmen wir den schwarzen Punkt, der hoch oben in der Mitte eingetragen ist.
Es handelt sich um einen Waldbrand großer Ausdehnung, also in der Kategorie 1 000 ha - 9 999 ha. Er hat sich ereignet an einem 2. August. (Das genaue Datum - 2. August 1964 - ist aus der Graphik nicht zu ersehen.) Das Thermometer kletterte an jenem Waldbrandtage auf 35,9° und damit um 7° - 8° über die durchschnittliche Höchsttemperatur des 2. August.
Fazit: Der Waldbrand ist bei einer äußerst positiven Temperaturanomalie ausgebrochen.

Es darf nicht verschwiegen werden, daß in diesem und folgenden Diagrammen die Grenze zeichnerischer Darstellbarkeit erreicht bzw. überschritten wird. Auch hierfür ein Beispiel: Die vier schwarzen Punkte im Zentrum, mit deutlichem Abstand unter dem Scheitelpunkt gelegen, symbolisieren vier große, unabhängige Waldbrände. Sie haben sich an ein- und demselben Tag ereignet (1. August 1965), und nicht, wie es die Graphik vortäuscht, an vier verschiedenen Tagen.

Man hätte diese Ungenauigkeit umgehen können, indem man alle Waldbrände eines Tages zu einem einzigen Waldbrand zusammenfaßte. Dadurch würde aber die Anzahl bzw. die Häufigkeit preisgegeben, die uns ebenso wichtig erscheint wie die Ausdehnung.

Nach dieser Einführung nun die Kernfrage: Läßt die Verteilung der Punkte eine Abhängigkeit erkennen zwischen Waldbrand und tx?

Es ist eine Konzentration der Punkte um den Scheitelpunkt der Kurve festzustellen; Waldbrände treten bevorzugt zu Zeiten höchster Tx auf. Aus dieser Tatsache darf aber nicht geschlossen werden, daß eine Abhängigkeit zwischen den beiden Größen bestehen muß. Es ist denkbar, daß eine dritte Variable, die im Sommer ein Maximum oder ein Minimum aufweist (z.B. Wasserreserve), die Häufung der Waldbrände in dieser Saison bedingt.

Zweifellos ist für die Entzündung eines Brennmaterials eine Mindestwärme erforderlich. Diese liegt mit abgerundet 300° (KÄSE 1969, S. 14) weit über den Temperaturen, die in der Natur vorkommen. Sie kann also nicht von der Höchsttemperatur abhängig sein, sondern bedarf einer anderen Wärmequelle, z.B. eines Feuers.

Es muß ein anderer Ansatz gesucht werden, um die Frage zu beantworten. Untersuchen wir, ob die tx an Tagen mit Waldbränden überdurchschnittliche Werte erreicht. Das würde bedeuten, daß alle Punkte oberhalb der Kurve zu finden sind. - Keinesfalls! Sie liegen ebenso unterhalb wie oberhalb der Mittelwertskurve. Es gibt Waldbrände an Tagen mit überdurchschnittlichen und unterdurchschnittlichen Höchsttemperaturen. Also liegt eine zufällige Verteilung vor.

Ebenso unabhängig wie die Häufigkeit ist auch die Ausdehnung der Waldbrände von der tx. Kleine, mittlere und große Waldbrände liegen zufällig verstreut.

Ein krasses Gegensatzpaar bilden die bereits zitierten Fälle des 1. August 1965 und des 2. August 1964. Beide Tage stehen zu Beginn des Monates August; beide Tage erlebten Waldbrände riesiger Ausdehnung. Aber sie unterscheiden sich in den Temperaturmaxima, die mit 24,3° und 35,9° konträr sind.

Während beim 1. August 1965 der Gedanke an einen Polarluftausbruch (Mistral) zu Recht naheliegt, erscheint das hohe Maximum am 2. August 1964 kurios und rätselhaft. Seine Entstehung ist nicht ohne klimageographisches Interesse (ESPIE 1964):

Eine weite Antizyklone greift vom östlichen Atlantik auf Westeuropa über. Zusammen mit einem Tief über dem Bottnischen Meerbusen steuert sie, auch in der Höhe, einen nordwestlichen Luftstrom nach Mitteleuropa und ins Mittelmeer. Über der Poebene hat sich ein sekundäres Tief gebildet. Aus dieser Luftdruckverteilung resultiert ein Mistral, der sich am Vortag etabliert hat und bis zum 3. August anhält.

Während Nord- und Mitteleuropa im Zustrom kühler Polarluft liegen, sind Frankreich und der westmediterrane Raum im Bereich warmer Meeresluft.

Eine Front, die von der Nordsee gekommen ist, bleibt an den Alpen hängen und verursacht dort Stauniederschläge. Auf der Südseite der Alpen, im Untersuchungsgebiet und in der Poebene, herrscht heiteres Wetter.

Die Verteilung der Höchsttemperatur läßt bevorzugte Gebiete im Lee des Kantabrischen Gebirges, der Pyrenäen, des

Zentralmassives und der Alpen hervortreten: Altkastilien, Ebrobecken, südliche Provence und Poebene. Die Station Toulon registriert mit 35,9° einen Hitzerekord; im benachbarten Collobrières werden 38,4° gemessen.

Ungleich niedriger sind die Höchsttemperaturen im übrigen Frankreich. Die 20°-Isotherme reicht von der Halbinsel Cotentin zum Jura.

Vier Gründe erklären die ungewöhnliche Hitze:
- Advektion warmer Luftmassen
- Föhneffekt im Schatten der Gebirge
- Intensive Einstrahlung dank des Mistralregimes
- Ausbleiben des Seewindes, ebenfalls wegen des Mistrals.

Auch der Jahresgang beweist, daß die Höchsttemperatur keine Rolle spielt. Im Frühjahr, wenn die Tx relativ niedrig liegt, ist eine gewisse Häufung kleiner und mittlerer Waldbrände zu verzeichnen. Es ist sogar festzustellen, daß die Temperatur an Waldbrandtagen noch unter den an sich schon niedrigen Durchschnittswerten rangiert. Nur ein einziges Mal ist die tx höher als die Tx.

Sodann folgt eine waldbrandarme Zwischensaison, obwohl die Tx kräftig ansteigt.

Im Sommer sind - ungeachtet der Ballung von Waldbränden, die durch ein anderes Klimaelement bedingt ist - beachtliche Abweichungen von den mittleren Tagesmaxima zu bemerken.

Herbst und Winter sind sozusagen frei von Waldbränden; gleichwohl sind die mittleren Höchsttemperaturen nicht niedriger als in den entsprechenden Monaten zu Jahresbeginn, die immerhin ein gewisses Quantum an Waldbränden aufweisen.

Wie für den Einzugsbereich der Station Toulon praktiziert, könnte man fortfahren, die Diagramme der anderen vier Stationen zu interpretieren. Darauf wird verzichtet, weil sie prinzipiell nichts Neues bringen.

Ebenso wird bei den anderen Klimaelementen verfahren werden; es wird jeweils nur ein Diagramm, und zwar das aussagekräftigste, gezeigt und interpretiert.

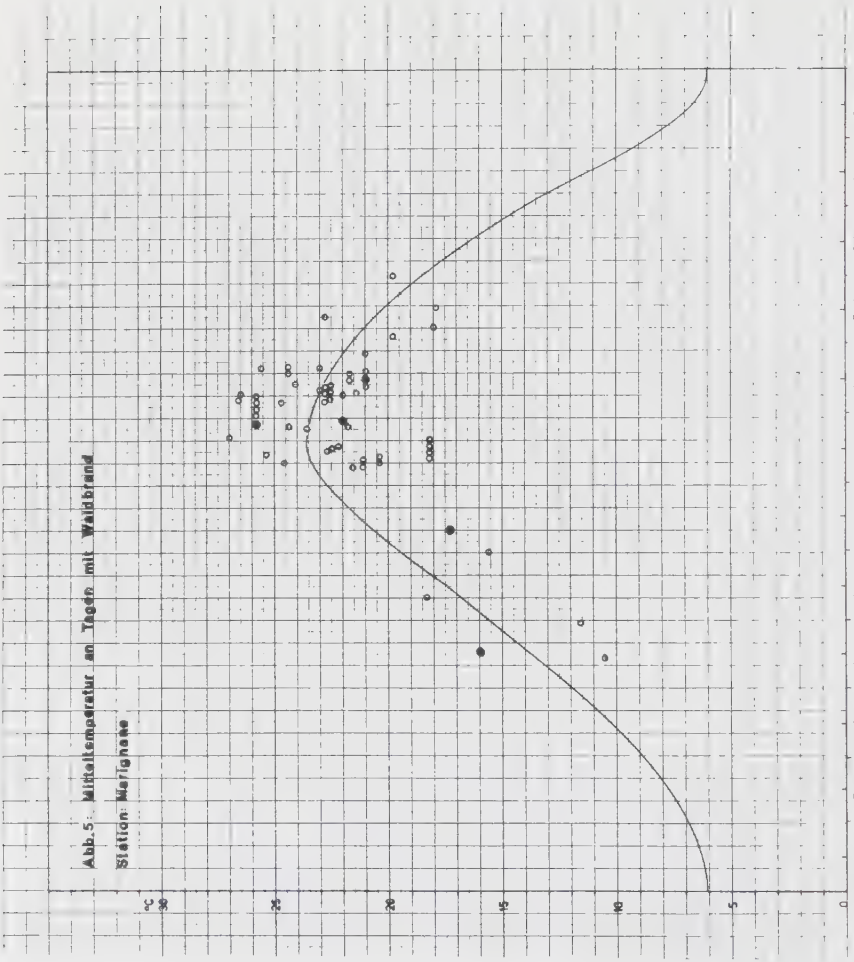


Abb.5 Mitteltemperatur an Tagen mit Waldbrand
Station Marignane
°C
30
25
20
15
10
5
0
Jan
Febr
März
April
Mai
Juni
Juli
Aug
Sept
Okt
Nov
Dez

Abbildung 5 (S. 96) zeigt für den Bereich der Station Marignane die Mitteltemperaturen ($\frac{tn + tx}{2}$) an Tagen mit Waldbrand. Um das Schaubild nicht zu überladen, sind Waldbrände kleiner Ausdehnung (< 100 ha) ausgelassen. Das Diagramm ähnelt dem vorausgegangenen. Es ist offensichtlich, daß die $\frac{tn + tx}{2}$ keinen Einfluß auf die Waldbrände hat. Tage mit unterdurchschnittlichen Mitteltemperaturen sind ebenso brandfreundlich wie überdurchschnittlich warme Tage. Eine Auszählung der insgesamt 58 Fälle ergibt, daß die Mehrheit von 35 Bränden unter der Mittelkurve liegt.

Bemerkenswert ist die negative Temperaturanomalie von über 5^{o} am 16. Juli (1970), als vier Waldbrände mittlerer Ausdehnung im Bereich Marignane ausbrachen.

Bleibt als Resümee dieses Abschnittes festzuhalten, daß Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände unabhängig sind von Tageshöchst- und Tagesmitteltemperatur.

5.2.3 Niedrigste und mittlere relative Luftfeuchtigkeit

Abbildung 6 (S. 98) unterrichtet über die niedrigste relative Luftfeuchtigkeit (un) an Tagen mit Waldbränden im Dep. Alpes-Maritimes. Wiederum bleiben Waldbrände kleiner Ausdehnung (< 100 ha) unberücksichtigt, deren zahlenmäßiges Übergewicht leicht das Wesentliche verwischen könnte.

Zum Vergleich ist als unterbrochene Linie der eigentümliche Jahresgang der Un eingezeichnet. Eigentümlich deshalb, weil er außer einer geringen Schwankung ein Junimaximum und ein Winterminimum aufweist. Dafür verantwortlich ist, wie an anderer Stelle gesagt, das saisonale Vorherrschen von See- bzw. Landwinden.

Es interessieren weniger die absoluten Werte, die hinter der ersten Küstenkette ohnehin anders sind als in der Bezugsstation Nizza. (Diese Tatsache schmälert aber nicht die

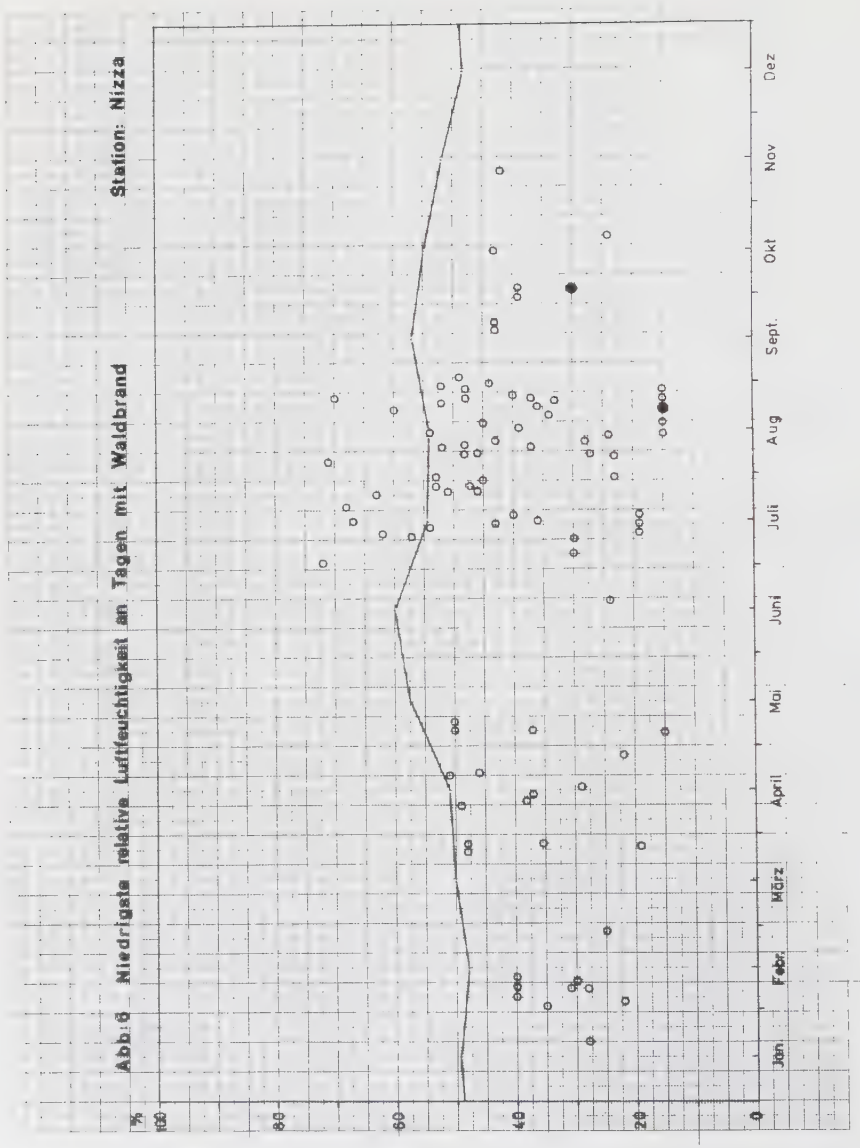


Abb. 6 Niedrigste relative Luftfeuchtigkeit an Tagen mit Waldbrand
Station: Nizza
%
100
80
60
40
20
0
Jan
Febr.
März
April
Mai
Juni
Juli
Aug
Sept.
Okt
Nov
Dez

Aussagekraft der Werte Nizzas; denn beispielsweise geht eine niedrige Luftfeuchtigkeit in Nizza Hand in Hand mit einer entsprechend niedrigen Luftfeuchtigkeit im Hinterland. Die absoluten Werte sind unterschiedlich; die Relation bleibt, was an Klimatabellen belegt werden kann.)
Informativer ist die Lage der Werte von Waldbrandtagen innerhalb der normalen Werte während des Jahres.

Die Verteilung der un ist frappierend. Abgesehen von einer scharf begrenzten Periode im Hochsommer liegen die Werte an Waldbrandtagen während des ganzen Jahres unter dem Durchschnitt.

Es scheint also eine klare Beziehung zwischen Waldbränden und niedrigster relativer Luftfeuchtigkeit zu existieren. Waldbrände brechen nur aus bei unterdurchschnittlicher un, mit Ausnahme der Monate Juli und August.

Trotz oder gerade wegen dieser offensichtlichen Beziehung ist Vorsicht am Platze, um eine Fehlinterpretation zu vermeiden. Zwar ist die minimale relative Luftfeuchtigkeit ein zuverlässiger Indikator für das Waldbrandrisiko, aber es ist nicht bewiesen, daß sie selbst direkten Einfluß ausübt auf die Waldbrände. Es ist durchaus möglich, daß ein anderes Klimaelement, welches mit niedriger Luftfeuchtigkeit gekoppelt auftritt, den entscheidenden Faktor darstellt. Nur unter diesem Vorbehalt ist die Abhängigkeit zwischen Waldbrand und niedrigster relativer Luftfeuchtigkeit zu sehen.

Aufschlußreich ist die jahreszeitliche Verteilung der Waldbrände und der un. Zunächst einmal fällt auf, daß auch im Spätwinter Waldbrände mittlerer (!) Ausdehnung auftreten. Das ist eine Besonderheit der Hochprovence, die an späterer Stelle (5.4.4) behandelt wird. Es wird bereits hier deutlich, daß die un relativ niedrig sind; sie überschreiten nicht 40 %.

Im Frühjahr ereignen sich Waldbrände bei extrem niedrigen wie auch bei relativ hohen un.

Von Mitte Mai bis Ende Juni ist auch im Dep. Alpes-Maritimes eine waldbrandarme Periode. Ist es Zufall, daß eben zu dieser Zeit die Un ein Maximum erreicht?
Im Juli und August findet sich erwartungsgemäß eine Häufung von Waldbränden. Die Spanne der un reicht von 15 % bis über 70 %. Es überrascht, daß gerade im Sommer, und nur dann, Waldbrände bei überdurchschnittlichen un ausbrechen. Wahrscheinlich kann ein anderes Klimaelement, z.B. geringe Wasserreserve, die erhöhte un kompensieren.
Im Herbst ist verständlicher Weise eine Abnahme der Waldbrände zu verzeichnen. Es können jedoch bis in den Oktober hinein Waldbrände großer Ausdehnung vorkommen, wenn die Herbstregen verspätet eintreffen.

Leider kann das Diagramm nicht verraten, ob niedrigste relative Luftfeuchtigkeit und Ausdehnung in Beziehung stehen, weil fast alle Waldbrände zur mittleren Kategorie gehören. Immerhin lassen die beiden großen Waldbrände mit 15 % resp. 30 % relativer Luftfeuchtigkeit vermuten, daß Tage mit ausgesprochen niedriger un ausgedehnte Waldbrände favorisieren.

Abbildung 7 (S.101) informiert über die mittlere relative Luftfeuchtigkeit (um) an Tagen mit Waldbränden im Landesinnern des Dep. Var.

Die um sind die Tagesmittel der Beobachtungen zu den acht synoptischen Terminen. Sie können besser als die un, welche zu sehr von der Temperatur beeinflußt sind, Auskunft geben über den Wasserdampfgehalt der Luft. Dadurch sind Rückschlüsse auf die Herkunft der Luftmassen an Waldbrandtagen möglich. So wird die Fragestellung nach dem Zusammenhang zwischen relativer Luftfeuchtigkeit und Waldbrand erweitert um synoptische Aspekte.

Vorher ist zu prüfen, inwieweit das Diagramm von Le Luc die Ergebnisse von Nizza bestätigt oder modifiziert. Dafür bieten seine 6 großen, 44 mittleren und 95 kleinen Waldbrände eine breite Vergleichsbasis.

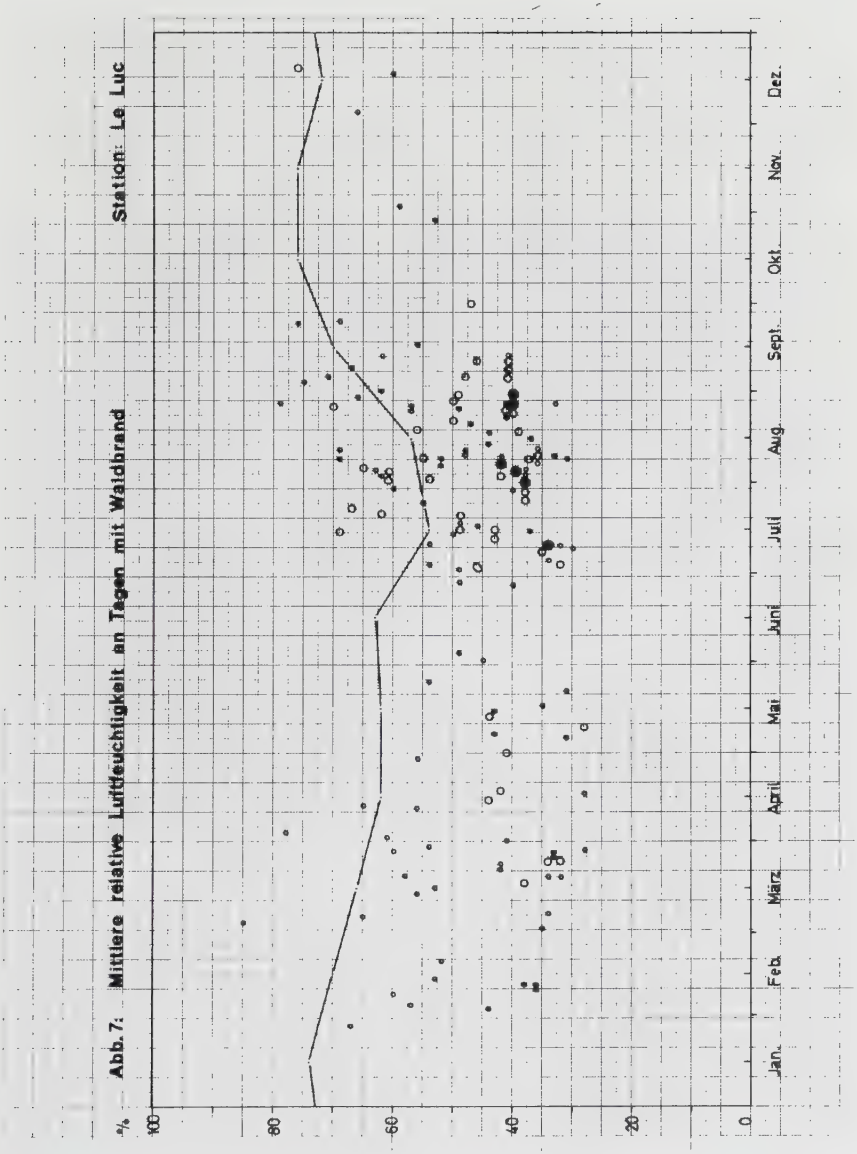


Abb. 7: Mittlere relative Luftfeuchtigkeit an Tagen mit Waldbrand
Station: Le Luc
%
100
80
60
40
20
0
Jan.
Feb.
März
April
Mai
Juni
Juli
Aug.
Sept.
Okt.
Nov.
Dez.

Überzeugend ist auch hier die Verteilung der punktierten Werte. Nur in den Sommermonaten, von Mitte Juli bis Anfang September, können Waldbrandtage überdurchschnittliche Feuchtigkeitswerte haben. Im übrigen Jahr liegen die um-Werte deutlich unter der Mittelkurve, von verirrten Ausnahmen abgesehen.

Betrachten wir den Jahresgang.
Im Februar ist eine erste Häufung zu erkennen bei unterschiedlichen Feuchtigkeitswerten.
Die Waldbrandtage des Frühjahrs können extreme um-Werte haben, die unter 30 % liegen.
Im Frühsommer nimmt auch hier die Zahl der Waldbrände ab, um Anfang Juli mächtig anzuwachsen. Dabei liegen die Tageswerte der relativen Luftfeuchtigkeit zum Teil oberhalb der Um, größtenteils aber unterhalb.
Bereits im frühen Herbst klingt die Waldbrandhäufigkeit ab, weil hier eher als an der Küste die sommerliche Trockenheit zu Ende geht.

Besteht zwischen mittlerer relativer Luftfeuchtigkeit und Ausdehnung der Waldbrände ein Zusammenhang?
Das vorausgegangene Diagramm deutete an, daß große Waldbrände an Tagen niedriger relativer Luftfeuchtigkeit auftreten; dieser Eindruck wird durch das Schaubild von Le Luc bestätigt. Die 6 großen Waldbrände liegen mit einer mittleren relativen Luftfeuchtigkeit von etwa 40 % deutlich unter dem Durchschnitt.

Im Frühjahr allerdings, wenn die Werte noch niedriger und die Differenz zwischen Um und um noch größer sein können, ereignen sich Waldbrände kleiner, schlimmstenfalls mittlerer Ausdehnung. Folglich ist es nicht möglich, eine strenge negative Korrelation zwischen Luftfeuchtigkeit und Ausdehnung der Waldbrände aufzustellen. Nicht verwunderlich, da noch andere Parameter mitbeteiligt sind.

Ohne auf die nicht abgebildeten Diagramme der übrigen Stationen einzugehen, sei summarisch erwähnt, daß sie im großen und ganzen mit den gezeigten übereinstimmen.

Es wurde bereits gesagt, daß die mittlere relative Luftfeuchtigkeit zu einem gewissen Grade den Wasserdampfgehalt der Luftmassen widerspiegelt. Eine niedrige relative Luftfeuchtigkeit, wie sie für die Mehrzahl der Waldbrandtage nachgewiesen werden konnte, läßt auf relativ trockene Luftmassen schließen.

Wenn man unterstellt, daß kontinentale und kalte Luft weniger Feuchtigkeit besitzt als maritime und warme, liegt die Folgerung nahe, daß an Waldbrandtagen kontinentale und kalte Luft vorherrscht. ('Kontinental' meint hier nicht unbedingt die Herkunft, mehr den Transportweg über das Festland.) Die Assoziation 'kalte, kontinentale Luftmasse / Mistral' drängt sich auf.

Analog ist überdurchschnittlich hohe Luftfeuchtigkeit, wie sie an einigen Waldbrandtagen während des Hochsommers vorkommt, zu verknüpfen mit warmer, feuchter Mittelmeerluft. An diesen vergleichsweise wenigen Waldbrandtagen dominieren also Seebrisen und SE-Winde.

Zu Beginn dieses Abschnittes war der Vorbehalt gemacht worden, daß die relative Luftfeuchtigkeit nur indirekt für die Waldbrände verantwortlich sei. Inzwischen ist es durch den 'synoptischen Fingerzeig' wahrscheinlich geworden, daß der Mistral, welcher mit niedriger Luftfeuchtigkeit einhergeht, der entscheidende Faktor ist. In welchem Maße nun der Wind selbst oder die mit ihm verbundene relative Luftfeuchtigkeit schuldig ist, wird schwer zu entscheiden sein, weil beide Elemente nicht voneinander zu trennen sind. Der Anteil der relativen Luftfeuchtigkeit darf nicht unterschätzt werden; sie bestimmt nämlich den Feuchtigkeitsgehalt der toten Vegetation, die ein wichtiges Brennmaterial darstellt.

Unumstritten ist jedenfalls der Wert der relativen Luftfeuchtigkeit als Anzeiger des Waldbrandrisikos: sinkt um unter Um, besteht große Gefahr (ebenso für un < Un).

5.2.4 Vorausgegangene Niederschlagslosigkeit

Dieser und der folgende Abschnitt werden untersuchen, inwiefern der Wasserhaushalt die Waldbrände beeinflußt. Beginnen wir mit der Frage, ob eine niederschlagslose Zeit das Entstehen der Waldbrände begünstigt.

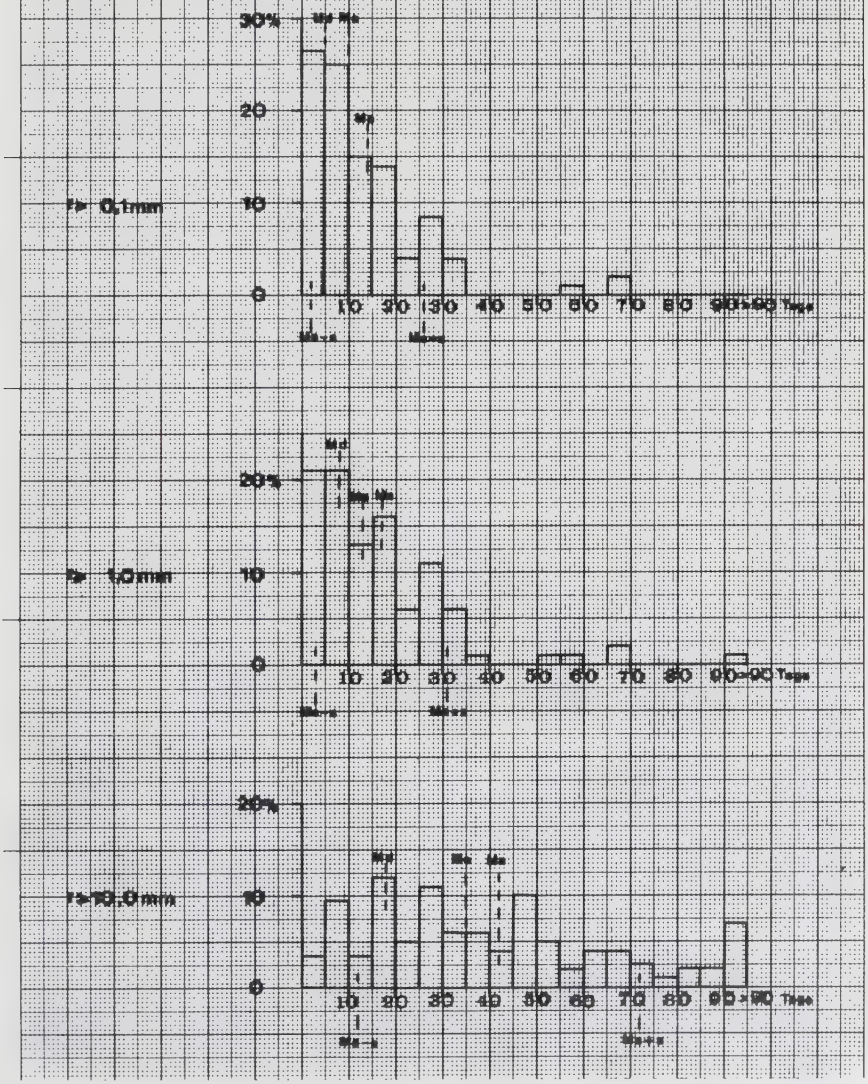
Zu diesem Zweck wurden für jeden Waldbrand die niederschlagslosen Tage gezählt, die ihm vorausgingen. Bezugsstation war das jeweils nächstliegende Pluviometer (Karte 7, S.86). Die Ergebnisse wurden nach Sektoren, die sich in ihrem Niederschlagsverhalten ähneln, zusammengefaßt; Abbildung 8 (S.105) gibt ein Beispiel:

Im oberen Histogramm ist auf der x-Achse in Gruppen von je 5 Tagen die niederschlagslose Zeit abgetragen, die den Waldbränden vorausging. Die y-Achse verweist auf die Anzahl der Waldbrände, die sich in der jeweiligen Fünftagegruppe ereignet haben. Zum besseren Vergleich ist nicht die absolute Zahl angegeben, sondern die relative Häufigkeit in Prozent (117 Fälle = 100 %).

Es ist zu erkennen, daß 26,5 % der Waldbrände innerhalb einer Frist von 5 Tagen nach dem letzten Regentag aufgetreten sind; weitere 25 % haben sich nach einer niederschlagslosen Zeit von 6 - 10 Tagen ereignet etc.
Mit anderen Worten: 26,5 % der Waldbrände sind ausgebrochen, obwohl es innerhalb der letzten 5 Tage geregnet hatte; und abgerundet 80 % (26,5 + 25 + 15 + 14) der Waldbrände haben höchstens 20 niederschlagslose Tage benötigt, bis sie entstanden.

Nicht weniger aufschlußreich sind die drei statistischen Mittelwerte, Modus (Md), Median (Me) und arithmetisches Mittel (Ma).
Wie der Modus zeigt, ist ein Abstand von nur 5 Tagen zwischen letztem Regentag und Ausbruch des Waldbrandes am häufigsten.
Der Median liegt bei etwa 10 Tagen; die Hälfte der Brände hat sich also vorher ereignet.

Abb. 8: Häufigkeit der Waldbrände in Abhängigkeit von vorausgegangenen Tagen ohne Niederschlag Sektoren: Estérel und Côte d'Azur



Das arithmetische Mittel von 14 Tagen ist wenig aussagekräftig auf Grund der breiten Streuung, die durch eine Standardabweichung (s) von 12 Tagen gekennzeichnet ist. (Die Berechnung der Mittelwerte und des Verteilungsmaßes erfolgte nach FLIRI, 1969, S. 42 ff.)

Mit Recht wird man einwenden, daß nicht allein die verstrichene Dauer seit dem letzten Niederschlag, sondern auch die Menge des letzten Niederschlages in Rechnung gestellt werden muß. Diese ist bislang nicht berücksichtigt worden; denn der Mindestwert von $r \geqslant 0{,}1$ mm, durch den ein Regentag üblicherweise definiert wird, sagt nichts aus über die Höhe des gefallenen Niederschlages.
Das mittlere und untere Histogramm versuchen nun, auch der Niederschlagsmenge des letzten Regentages gerecht zu werden. Dieser Versuch kann freilich nur angenäherte Ergebnisse bringen, da die Schwellenwerte von $r \geqslant 1{,}0$ bzw. $r \geqslant 10{,}0$ mm immer noch einen gewissen Spielraum gewähren.

Trotz dieser Bedenken wurden die genannten Schwellenwerte gewählt; einerseits, weil sie sich in der Klimatologie eingebürgert haben und daher vertraut sind; andererseits, weil sie den tatsächlichen Niederschlagsverhältnissen während des Sommers am ehesten entsprechen.

Das mittlere Histogramm zeigt die Verteilung der Fristen, die zwischen Waldbrand und letztem Niederschlag ($\geqslant 1{,}0$ mm) vergangen sind. Es ähnelt dem oberen; die Mittelwerte sind geringfügig verschoben. Auch hier ist der Median am interessantesten: die Hälfte aller Waldbrände hat sich in einem Zeitraum von nur 13 Tagen nach dem letzten Regenfall ereignet. Der Modus zeigt, daß nach 8 niederschlagslosen Tagen das Häufigkeitsmaximum liegt. Das arithmetische Mittel von 17 Tagen besagt nicht viel bei einer Standardabweichung von 14 Tagen.

Oberes und mittleres Histogramm führen zu dem Schluß, daß vorausgegangene Niederschläge das Aufkommen von Waldbränden nur wenig hemmen. Ein leichter Regenfall bietet also keine Gewähr dafür, daß die Waldbrandgefahr behoben ist.

Das untere Histogramm ist insofern von Interesse, als es nur die vorausgegangenen starken Niederschläge ($\geqslant$ 10,0 mm) berücksichtigt. Die Mittelwerte, auf Grund der asymmetrischen Verteilung weit voneinander entfernt, sind deutlich verschoben im Vergleich zu den oberen Histogrammen.
Der Modus verrät, daß die meisten Waldbrände nach 18 niederschlagslosen Tagen eintreten; seine Aussagekraft wird abgeschwächt durch die Tatsache, daß weitere Nebenmodalwerte vorhanden sind.
Der Median liegt relativ spät; innerhalb einer Dauer von 35 Tagen hat sich die Hälfte aller Waldbrände ereignet.
Das arithmetische Mittel von 42 Tagen ist verzerrt durch isolierte Extremwerte, die bei 5 Monaten liegen; eine Standardabweichung von 30 Tagen beweist die enorme Schwankungsbreite.

Ein Vergleich des unteren mit den beiden oberen Histogrammen zeigt, daß erst Niederschläge ab 10,0 mm die Waldbrandgefahr verzögern. Niedrigere Mengen können das Waldbrandrisiko höchstens für geringe Zeit, ein paar Stunden vielleicht, aufschieben. Ebensowenig kann morgendlicher Tau verhindern, daß im Laufe des Tages Waldbrände ausbrechen, wie es häufig genug passiert ist.

Für alle Histogramme gilt, daß die Abhängigkeit zwischen vorausgegangenen niederschlagslosen Tagen und Waldbränden vage ist, wie es die erheblichen Standardabweichungen demonstrieren.

Nachdem bislang die Häufigkeit der Waldbrände in Abhängigkeit von vorausgegangener niederschlagsloser Zeit analysiert wurde, wird nun die Ausdehnung untersucht. Abbildung 9 (S.108) stellt die Summenkurven der Brandflächen dar, wiederum in drei Diagrammen mit gestaffelten Mindestwerten des letzten vorausgegangenen Niederschlages. Die logarithmisch unterteilten Ordinaten geben die kumulierten Flächen wieder, und zwar in ha. Die Abszissen, in Fünfergruppen gegliedert,

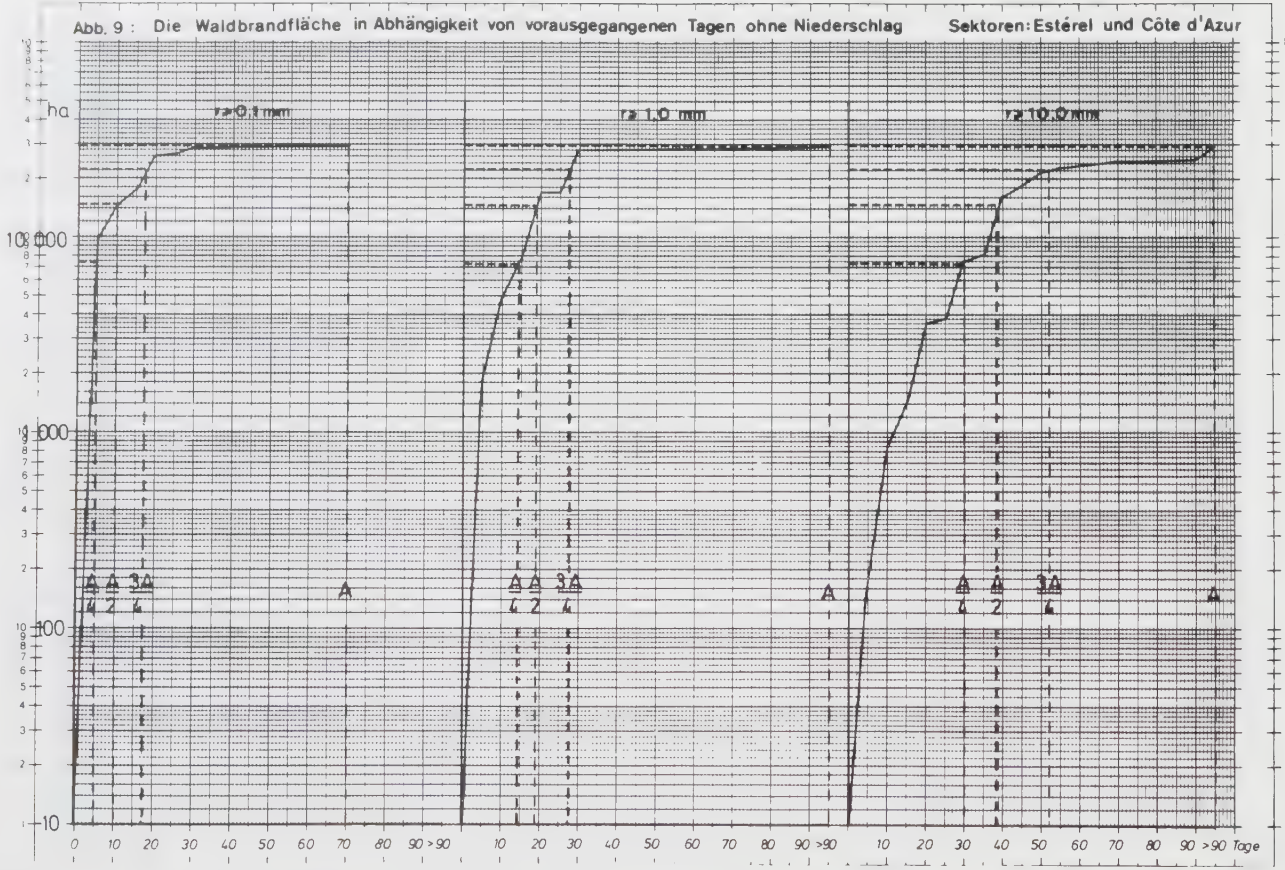


Abb. 9 : Die Waldbrandfläche in Abhängigkeit von vorausgegangenen Tagen ohne Niederschlag
Sektoren: Estérel und Côte d'Azur
ha
r ≥ 0,1 mm
r ≥ 1,0 mm
r ≥ 10,0 mm
10 000
1 000
100
10
A
A 4
A 2
3 A 4
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 >90
Tage

zeigen die Anzahl der niederschlagslosen Tage.

Um die Verteilung charakterisieren zu können, ist die gesamte Waldbrandfläche von 29 497 ha in vier gleich große Quartile zerlegt worden (s. Abschnitte auf der y-Achse). Im Schnittpunkt der jeweiligen Abszisse mit der Summenkurve wurde das Lot auf die x-Achse gefällt; dort kann abgelesen werden, nach wieviel niederschlagslosen Tagen 25 %, 50 %, 75 % und 100 % der Gesamtfläche (A) abgebrannt sind.

Im linken Diagramm ist zu erkennen, daß nach 5 niederschlagslosen Tagen bereits 1/4 der Fläche abgebrannt ist, 2/4 nach 10 Tagen etc. Nach einer 30-tägigen Regenlosigkeit ist fast die gesamte Fläche abgebrannt.

Das mittlere Diagramm ($r \geqslant 1{,}0$ mm) hat einen ähnlich steilen Kurvenverlauf; auch hier ist schon nach einem Monat Niederschlagslosigkeit fast die gesamte Waldbrandfläche erreicht.

Anders sieht es aus bei den starken Niederschlägen im rechten Diagramm. Hier ist erst nach 30 Tagen ohne Niederschlag ($r \geqslant 10{,}0$ mm) 1/4 der Fläche abgebrannt. Es wird also deutlich, daß nach einem starken Niederschlag eine geraume Zeit vergehen muß, bevor größere Flächen abbrennen.

Somit wird bekräftigt, was in den Histogrammen der Abb. 8 festgestellt wurde: Regenfälle, die nur wenige Millimeter Wasser bringen, können weder die Häufigkeit noch die Ausdehnung der Waldbrände entscheidend beeinflussen. Erst starke Niederschläge, ein Gewitter zum Beispiel, können die Waldbrandgefahr für gewisse Zeit mindern.

Diese etwas dürftige und ungenaue Auskunft muß erweitert und präzisiert werden. Voraussetzung dafür ist eine bessere Kenntnis des Wasserhaushaltes.

5.2.5 Wasserreserve im Boden

Mit Fragen der Bodenwasserreserve haben sich Meteorologen des Wetteramtes Marignane seit Beginn der sechziger Jahre beschäftigt. Anlaß der Untersuchung waren Hochwasserkatastrophen, verursacht durch das Anschwellen von Torrenten aus den Cevennen. Die erzielten Ergebnisse wurden später auch für die Bestimmung der Waldbrandgefahr und die Bewässerungswirtschaft benutzt.

Die Wasserreserve kann direkt gemessen werden, z.B. durch Neutronensonden oder durch Messung des ausgestrahlten Radon. Diese Methoden sind allerdings kompliziert und werden in der meteorologischen Praxis nicht verwendet. Stattdessen wird die Wasserreserve errechnet aus den Größen: Niederschlag, Abfluß, Perkolation und reelle Evapotranspiration.

Die Niederschlagsmessung ist kein Problem bei dem dichten Netz von Regenmeßstationen (Karte 7, S. 86).

Abfluß und Perkolation beginnen, wenn der Boden gesättigt ist. Wie die Erfahrung lehrt, liegt die Speicherkapazität im Untersuchungsgebiet bei etwa 150 mm. (Abweichungen, durch edaphische Verhältnisse oder durch unterschiedliche Niederschlagsintensität bedingt, sind außer acht gelassen.)

Die Errechnung der reellen Evapotranspiration vollzieht sich in zwei Phasen (ORIEUX 1969, S. 293). Zunächst wird die potentielle Evapotranspiration (E), d.i. die maximale Evapotranspiration bei nassem Boden und durchtränkter Vegetation, bestimmt. Verschiedene Berechnungsformeln stehen zur Wahl; auf ihre Gültigkeit für das mediterrane Frankreich überprüft, erweist sich die Methode von THORNTHWAITE als die beste, vor denen von PENMAN, TURC, BOUCHET und anderen Klimatologen. Sie hat als weiteren Vorzug, daß sie keine komplizierte meteorologische Infrastruktur benötigt.

In einer zweiten Phase wird die reelle Evapotranspiration (e) ermittelt. Bei gesättigtem Boden, wenn die Wasserreserve 150 mm beträgt, ist die reelle gleich der potentiellen Evapotranspiration. Sie verringert sich in dem Maße, wie die Wasserreserve abnimmt. Folglich kann die reelle gleichgesetzt werden mit der potentiellen Evapotranspiration, die mit einem Faktor multipliziert wird, der das Verhältnis von tatsächlicher Wasserreserve (w) zu maximaler Wasserreserve (W) ausdrückt.

$$e = E \cdot \frac{w}{W}$$

Nun zur Berechnung der tatsächlichen Wasserreserve w.
Bei gesättigtem Boden sind w = W und e = E.
Wenn der Regen ausbleibt - und somit auch Abfluß und Perkolation entfallen - verringert sich w in Abhängigkeit von der Summe der täglichen Evapotranspirationen.

$$w = W \cdot \exp\left(-\frac{\Sigma E}{W}\right)$$

Die Formel wurde folgendermaßen berechnet:
Wir stellen eine Differentialgleichung auf und setzen

$$e = de$$

$$E = dE$$

Außerdem gilt: $w = W - e$

Unter Berücksichtigung der Grenzbedingungen
(e = 0 für E = 0) ergibt dann die Integration:

$$\frac{de}{W-e} = \frac{dE}{W}$$

$$\longrightarrow \quad \frac{dE}{de} = \frac{W}{W-e}$$

$$\longrightarrow \quad \int_0^e \frac{dE}{de}\, de = \int_0^e \frac{W}{W-e}\, de$$

$$\longrightarrow \quad E = \int_0^e \frac{W}{W-e}\, de \qquad (*)$$

Wir substituieren in (*)

$$W-e = \tilde{e}$$

$$\longrightarrow \quad E = -W \int_{W-o}^{\tilde{e}} \frac{1}{\tilde{e}}\, d\tilde{e}$$

$$= -W \cdot \ln \tilde{e} \Big|_{W-o}^{W-e}$$

$$= -W \cdot \left(\ln (W-e) - \ln W \right)$$

$$= -W \cdot \ln \left(\frac{W-e}{W} \right)$$

$$= W \cdot \ln \left(\frac{W}{W-e} \right)$$

$$\longrightarrow \quad \frac{E}{W} = \ln \left(\frac{W}{W-e} \right)$$

$$\longrightarrow \quad \exp \left(\frac{E}{W} \right) = \frac{W}{W-e}$$

$$= \frac{W}{w}$$

$$\longrightarrow \quad \left(\frac{W}{w} \right)^{-1} = \left(\exp \left(\frac{E}{W} \right) \right)^{-1}$$

$$\longrightarrow \quad \frac{w}{W} = \exp \left(- \frac{E}{W} \right)$$

$$\longrightarrow \quad w = W \cdot \exp \left(- \frac{E}{W} \right)$$

Wenn es regnet, wird die Niederschlagsmenge zur Wasserreserve addiert. Sobald die Summe 150 mm übersteigt, beginnen Abfluß und Perkolation.

Nachfolgende Skizze veranschaulicht die vorausgegangenen Ausführungen zum Wasserhaushalt.

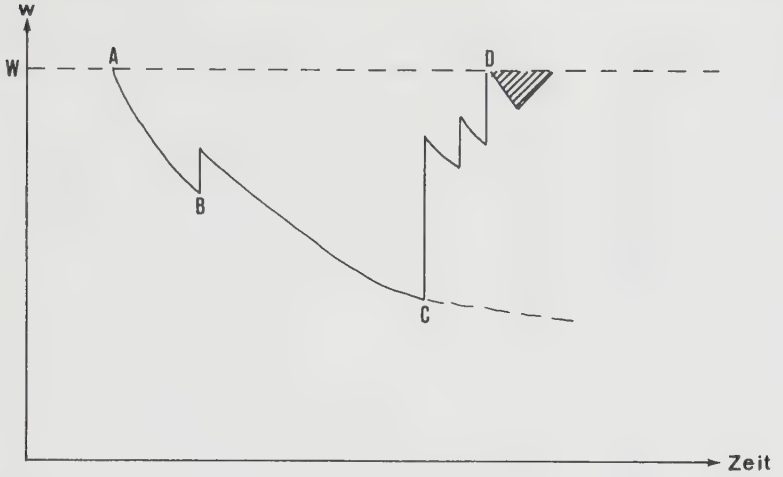


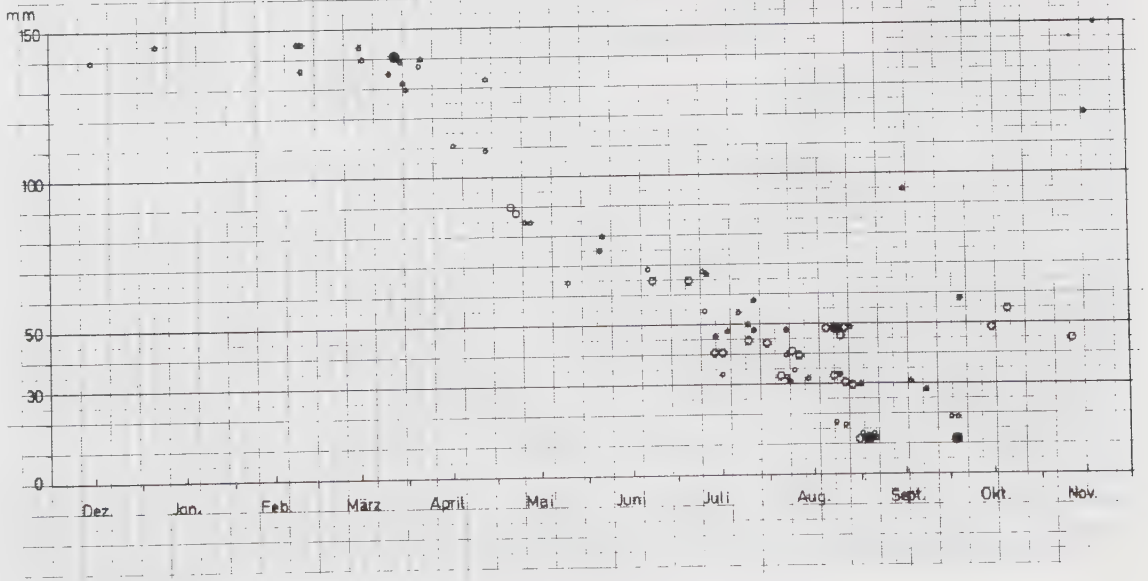
Abb. 10 Schema der Wasserbilanz (ORIEUX 1969, S.7)

Im Punkt A ist der Boden gesättigt (w=W). Da es anschließend nicht regnet, verringert sich die Wasserreserve infolge der reellen Evapotranspiration. Die exponentielle Kurve fällt bis zum Punkt B, wo ein Regenfall die Wasserreserve vergrößert. Sodann fällt sie erneut bis nach C; dort führen wiederholte Regenfälle zur Aufstockung der Wasserreserve. Wenn die Speicherkapazität des Bodens im Punkt D überschritten wird, kommt es zu Abfluß und Perkolation des überschüssigen Wassers.

Die tatsächliche Wasserreserve, die täglich für die Sektoren der Karte 7 (S. 86) berechnet wird, ist ein exakter Gradmesser der Trockenheit, zu der sie im reziproken Verhältnis steht. Damit ist ein Parameter gefunden, der für die Bestimmung des Waldbrandrisikos nützlich zu sein verspricht.

Betrachten wir in Abbildung 11 (S.114) den Einfluß der Wasserreserve auf Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände. Das Diagramm, das die Waldbrände der Sektoren Estérel und Côte d'Azur abbildet, ähnelt in seinem Aufbau denen von

Abb. II: Wasserreserve im Boden an Tagen mit Waldbrand Sektoren: Estérel und Côte d'Azur



Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Unterschiedlich ist allerdings der Beginn der Zeitachse; sie fängt im Dezember an, weil zu diesem Termin die Bodenwasserreserve durch die Herbstniederschläge aufgefüllt ist.

Die y-Achse gibt die Wasserreserve (in mm) bzw. die Trockenheit an. Sie ist in Abschnitte unterteilt, die den verschiedenen Trockenheitsgraden Rechnung tragen:

150 mm $\geqslant$ w $>$ 100 mm	geringe Trockenheit
100 mm $\geqslant$ w $>$ 50 mm	mäßige Trockenheit
50 mm $\geqslant$ w $>$ 30 mm	starke Trockenheit
30 mm $\geqslant$ w $\geqslant$ 0 mm	sehr starke Trockenheit

Selbstverständlich wächst die Trockenheit progressiv und nicht in plötzlichen Sprüngen.

Vielsagend ist die Verteilung der Punkte. Sie sind aufgereiht längs einer gedachten Kurve, die von links oben nach rechts unten verläuft. (Die gedachte Kurve entspricht dem mittleren Jahresgang der Wasserreserve; sie ist nicht eingezeichnet, weil langjährige Mittel fehlen.)

Von Dezember bis April sind nur Waldbrände kleinerer Ausdehnung zu verzeichnen; verständlich bei der hohen Wasserreserve. Gar nicht ins Bild passen will der große Waldbrand am 28. März, bei einer Wasserreserve von 141 mm.

In den Monaten Mai und Juni treten die ersten Waldbrände mittlerer Größenordnung auf; auch das erscheint natürlich, wenn man die mäßige Trockenheit berücksichtigt.

Mit Juli setzt die von anderen Diagrammen bekannte Ballung kleiner, mittlerer und großer Waldbrände ein. In diesem Diagramm findet sie ihre Erklärung: nicht die sommerlichen Temperaturen, sondern die starke Trockenheit, welche die 50 mm-Schwelle unterschreitet, ist verantwortlich für die Häufung der Waldbrände im Hochsommer.

Im September stocken normalerweise Gewittergüsse die Wasserreserve auf; daher ist eine Abnahme der Waldbrandhäufigkeit zu bemerken. Es kann aber passieren, daß sich die Niederschläge verspäten. Folge: die Wasserreserve fährt fort zu sinken, die Trockenheit wird sehr stark, Waldbrände großer Ausdehnung brechen aus.

Der unten rechts abgebildete Großbrand - es ist der im anderen Zusammenhang zitierte Fall vom 3. Oktober 1970 - entbehrt nicht einer tragischen Ironie.

Monatelang war kein nennenswerter Niederschlag gefallen; der letzte Starkregen ($\geqslant$ 10,0 mm) hatte sich am 7. Mai ereignet. Die Bodenwasserreserve war auf 12 mm gesunken, als ein Waldbrand 4 000 ha an der östlichen Peripherie des Dep. Var und weitere 2 100 ha im benachbarten Dep. Alpes-Maritimes verwüstete. Eine Familie fand in den Flammen den Tod. - Unmittelbar nach dem Brand gingen die ersten Herbstgewitter nieder, die einer benachbarten Regenmeßstation innerhalb von 24 Stunden 148 mm Wasser brachten.

Bleibt als Endergebnis festzuhalten, daß die Waldbrände in Häufigkeit und Ausdehnung mit fallender Wasserreserve wachsen. In der Tat ist die Punktverteilung überzeugend, wenn nicht der Großbrand vom 28. März stören würde. Es erhebt sich die berechtigte Frage, ob der Wert von 141 mm den tatsächlichen hygrischen Verhältnissen am Ort des Waldbrandes entspricht.

Zunächst ist festzustellen, daß der Wert nicht für einen bestimmten Ort, sondern für den Sektor Estérel im allgemeinen gilt. Dafür wird er zweifellos zutreffen: ein niederschlagsreicher Februar (183 mm in St. Raphael) und kleinere Regenfälle bei gleichzeitig niedrigen Temperaturen während der ersten beiden Märzdekaden hatten bis zum 20. März nicht die Spur von Trockenheit aufkommen lassen. Also eine Wasserreserve von 150 mm am 20. März, die bis zum 28. auf 141 mm fiel.

Am Orte des Waldbrandes selbst jedoch, bzw. am nächstgelegenen Regenmesser, war im März kein Tropfen Regen gefallen.

Folglich muß dort die Wasserreserve am 28. niedriger gewesen sein als 141 mm.

Wird hier eine erste Schwäche der verwendeten Methode sichtbar, nämlich das Verwischen lokaler Unterschiede durch Mittelwertbildung für einen größeren Sektor, offenbart sich eine zweite im Verfahren der Verdunstungsmessung. Die Methode von THORNTHWAITE verwendet nur Temperaturwerte; praktisch sicherlich, aber die vorhandenen Einflüsse anderer Klimaelemente (Wind, Bewölkung etc.) werden ignoriert.

Nun war unser Monat März mit 283 Stunden Einstrahlung, 31 % mehr als normal, ungewöhnlich sonnenreich. Kein einziger Nebeltag trübte die generelle Heiterkeit. Dafür gab es laut 'Tableau Climatologique Mensuel' von St. Raphael
"... nombreux jours venteux dont 8 de Mistral tempétueux."

Es muß angenommen werden, daß die Wasserreserve bei solch einer Witterung - Sonnenreichtum, Wolkenarmut, stürmische Winde und eine vier Wochen andauernde Niederschlagslosigkeit - weitaus niedriger als 141 mm war. Daß am Waldbrandtage selbst ein heftiger Mistral geweht hat, erübrigt sich zu erwähnen.

Die anderen, nicht abgebildeten Diagramme zur Wassereserve zeigen eine ähnliche Verteilung. Damit ist erwiesen, daß Ausdehnung und Häufigkeit der Waldbrände von der Bodenwasserreserve abhängig sind.

5.2.6 Mittlere und maximale Windgeschwindigkeit

Als Mittel aus den acht täglichen Beobachtungen zu den synoptischen Terminen - davon jede über 10 Minuten - vermag die mittlere Windgeschwindigkeit (fm) ein treffendes Bild zu vermitteln von den Windverhältnissen eines gegebenen Tages.

Abbildung 12 (S.119), im Aufbau den vorausgegangenen Diagrammen ähnlich, zeigt die mittlere Windgeschwindigkeit an Tagen mit Waldbränden im Dep. Bouches-du-Rhône. Wiederum sind Waldbrände kleiner Ausdehnung der besseren Übersicht wegen ausgelassen. Zum Vergleich ist der Jahresgang der durchschnittlichen mittleren Windgeschwindigkeit (Fm), die ein Aprilmaximum besitzt, eingetragen.

Die Verteilung der 5 großen und 53 mittleren Waldbrände hat die Form eines (gedachten) Pilzes, der im Juli/August auf der x-Achse fußt und dessen gewölbter Schirm sich über die Monate April bis Oktober spannt. Was will das besagen?

Mit Ausnahme der Monate Juli und August nebst eines isolierten Falles im September herrschen an Waldbrandtagen ausgesprochen hohe Windgeschwindigkeiten. Sie liegen in einer Größenordnung von 10 bis 17 $m \cdot sec^{-1}$ und damit klar über der Fm. Hingegen können im Hochsommer Waldbrände auftreten an Tagen mit niedriger, sogar unterdurchschnittlicher Windgeschwindigkeit. So liefert das vorliegende Diagramm ein Gegenstück zur Abbildung 6, was die hohe negative Korrelation zwischen Windgeschwindigkeit und relativer Luftfeuchtigkeit beweist.

Die Interpretation des vorliegenden Diagrammes fällt nicht schwer, wenn man gleichzeitig den Jahresgang der Wasserreserve betrachtet (Abb. 11, S.114). Bei der geringen Trockenheit im Frühjahr können nur an Tagen mit hoher Windgeschwindigkeit ($fm \geqslant 10$ $m \cdot sec^{-1}$) Waldbrände mittlerer und großer Ausdehnung entstehen. Dann können sie sogar 1 000 ha überschreiten, was ebenfalls im vorigen Diagramm zu sehen war. (Der oben besprochene Großbrand bei angeblich 141 mm Wasserreserve war nur bei einer Windgeschwindigkeit von 12,5 $m \cdot sec^{-1}$ möglich.)

Wenn ab Juli starke Trockenheit einsetzt, ist eine hohe Windgeschwindigkeit nicht mehr erforderlich für das Ent-

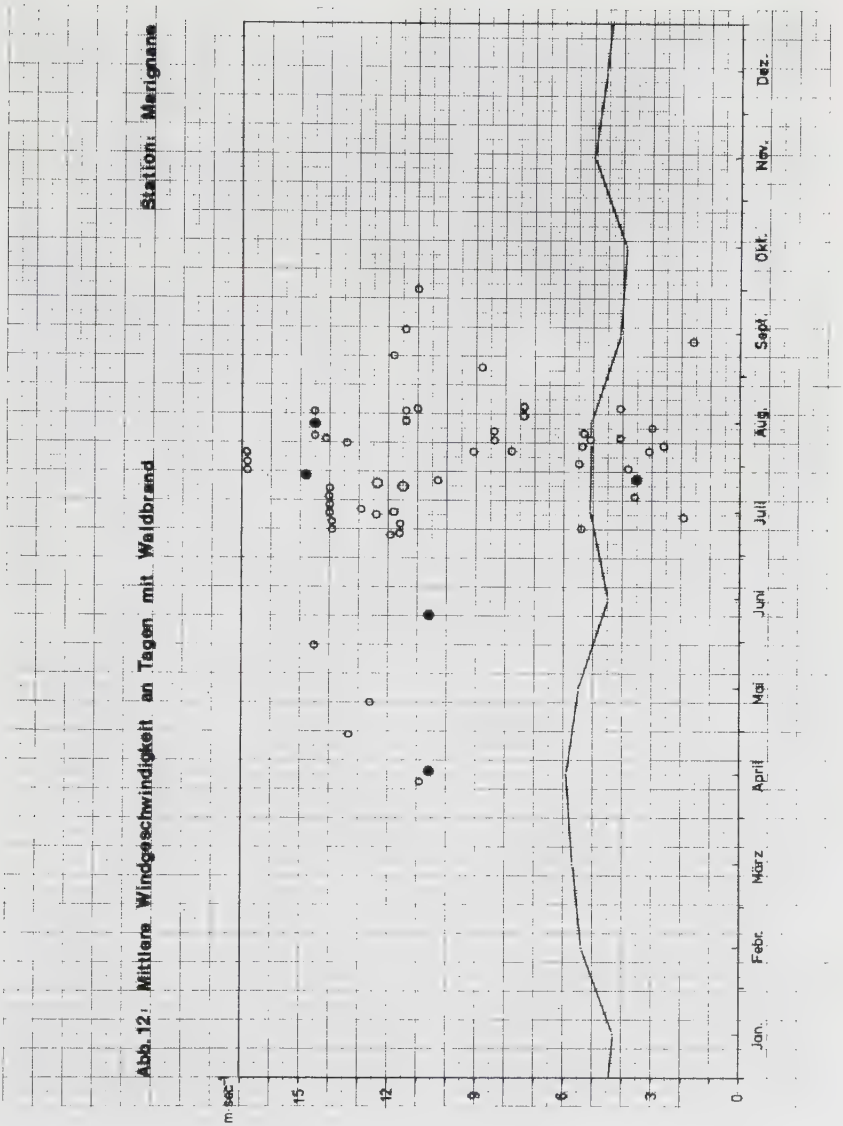


Abb. 12: Mittlere Windgeschwindigkeit an Tagen mit Waldbrand
Station: Marignane
m sec⁻¹
15
12
9
6
3
0
Jan.
Febr.
März
April
Mai
Juni
Juli
Aug.
Sept.
Okt.
Nov.
Dez.

stehen mittlerer und großer Waldbrände; niedrige Geschwindigkeiten von 3-4 $m \cdot sec^{-1}$ genügen bereits. Nichtsdestoweniger bleibt die Zahl der Fälle mit fm < Fm gering im Vergleich zur Gesamtzahl (10 von 58).

Im September, wenn die Wasserreserve zu steigen beginnt, ist wieder eine höhere Windgeschwindigkeit für das Auftreten von Waldbränden notwendig.

Es ist deutlich geworden, daß die Einflüsse von Wasserreserve und Windgeschwindigkeit auf die Waldbrände einander kompensieren bzw. ergänzen. Hohe Wasserreserve kann so lange die Brandgefahr dämpfen, wie die Windgeschwindigkeit gering bleibt. Wenn aber niedrige Wasserreserve bei gleichzeitig hoher Windgeschwindigkeit vorhanden ist, verdoppelt sich das Brandrisiko.

Der Einfluß der mittleren Windgeschwindigkeit auf die Ausdehnung wird durch folgende Rechnung unterstrichen: Ermittelt man für alle Großbrände - nicht nur für die fünf abgebildeten - die durchschnittliche Windgeschwindigkeit, erhält man 9,3 $m \cdot sec^{-1}$.

Um so erstaunlicher ist die Tatsache, daß sich ein Waldbrand großer Ausdehnung bei einer fm von 3,5 $m \cdot sec^{-1}$ entwickelt hat (s. Diagramm). Nicht nur die ungewöhnlich niedrige Windgeschwindigkeit, auch die übrigen meteorologischen Bedingungen jenes Waldbrandtages (27. Juli 1964) lassen indes vermuten, daß der Brand in der benutzten Quelle unter einem falschen Datum aufgeführt ist.

Betrachten wir nun den Einfluß der maximalen Windgeschwindigkeit. Sie wird nicht über 10 Minuten, sondern augenblicklich gemessen und kann weitaus höher sein als die mittlere. Erreicht oder überschreitet die augenblickliche Maximalgeschwindigkeit im Laufe des Tages 16 $m \cdot sec^{-1}$, wird dieser Tag vom Französischen Wetterdienst als Starkwindtag registriert.

'Starkwind' braucht nicht identisch zu sein mit 'Bö', deren Definition von der Direktorenkonferenz (Washington 1947, Resolution 131) folgendermaßen formuliert wurde: Eine Bö ist die positive Abweichung der Windgeschwindigkeit um 10 Knoten oder mehr gegenüber der mittleren Windgeschwindigkeit. Sie muß wenigstens 1 Sekunde andauern, darf aber nicht 20 Sekunden überschreiten.

Abbildung 13 (s.u.) versucht, den Einfluß des Starkwindes auf Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände darzustellen. Zu diesem Zweck wurden alle 809 Waldbrände (also aus den Einzugsbereichen aller fünf Stationen) zusammengefaßt und gemäß ihrer Ausdehnung (A) in drei Klassen unterteilt. So sind im oberen Balken 567 Brände kleiner Ausdehnung, im mittleren Balken 212 Brände mittlerer und im unteren Balken 30 Brände großer Ausdehnung enthalten.

Für jede der drei Kategorien wurde der Anteil von Bränden, der bei Starkwind ausgebrochen war, prozentual errechnet und durch die Schrägschraffur graphisch wiedergegeben.

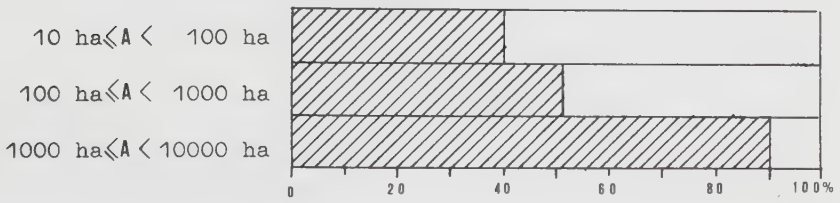


Abb. 13 Anteil der Waldbrände bei Starkwind an der Gesamtheit der Waldbrände

Bei Waldbränden kleiner Ausdehnung ist ein beachtlicher Anteil von 40 % an Tagen mit Starkwind entstanden; in der mittleren Größenordnung ist bereits mehr als die Hälfte der Waldbrände bei Starkwind ausgebrochen; und schließlich ist bei Großbränden in 9 von 10 Fällen Starkwind beteiligt.

Eine weitere Prozentzahl (nicht in der Graphik ersichtlich) untermauert die Bedeutung des Starkwindes für Waldbrände: 73 % der gesamten Waldbrandfläche von 155 968 ha ist an Tagen mit Starkwind abgebrannt.

Diese Zahlen genügen, um den enormen Einfluß des Starkwindes auf die Häufigkeit, mehr noch auf die Ausdehnung, aufzuzeigen.

Eine betrübliche Feststellung, wenn wir uns erinnern, daß die südliche Provence das bevorzugte Starkwindgebiet in Frankreich ist.

5.2.7 Windrichtung

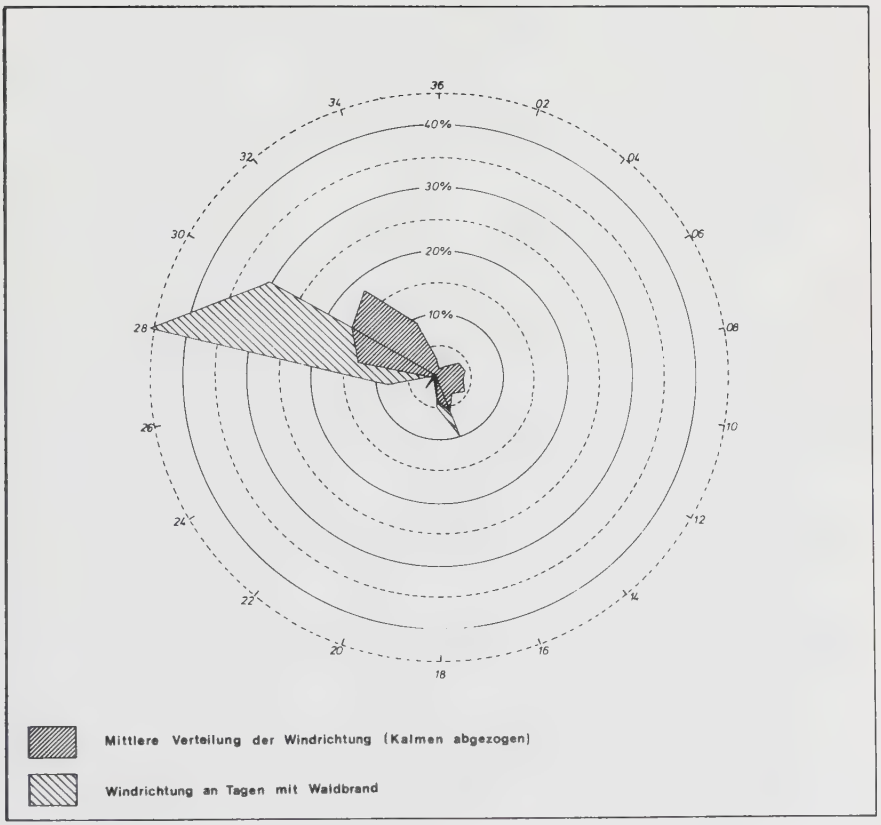
Da der Wind im Laufe eines Tages aus verschiedenen Richtungen wehen kann, ist eine mittlere tägliche Windrichtung wenig aussagekräftig; wissenswerter ist die Windrichtung zum Zeitpunkt des Waldbrandbeginns. Leider war nicht für alle 809 Waldbrände die genaue Uhrzeit ihres Anfanges zu erfahren, so daß in folgender Untersuchung nur 469 Fälle ausgewertet werden.

Davon gibt Abbildung 14 (S.123) eine Auswahl, und zwar die Waldbrände im Einzugsbereich der Station St. Raphael. Die weitschraffierte Windrose zeigt die Verteilung der Windrichtungen an Tagen mit Waldbrand, während die engschraffierte zum Vergleich über die normale Windverteilung unterrichtet. Die Prozentkreise verraten die relative Häufigkeit einer jeden Windrichtung.

Anstelle der klassischen 16-teiligen Windrose wird in der heutigen Klimatologie die 18-teilige verwendet (in der Synoptik entsprechend die 36-teilige). Durch die Änderung ist die frühere Windrichtung 'Ost' zweigeteilt in 80° und 100°, ebenso wie die frühere Windrichtung 'West' in 260° und 280°.

Die Gradzahl ist in der Zeichnung (wie im Wetterschlüssel) in Zehnergrad angegeben.

Abb.14: Windrichtung an Tagen mit Waldbrand **Station: St. Raphaël**



Die weitschraffierte Windrose der Waldbrandtage ist auf die Richtungen 280° und 300° zugespitzt, die mit relativen Häufigkeiten von 45 % und 30 % weitaus dominieren. Das bedeutet, daß bei drei von vier Waldbränden der Wind aus diesen beiden Richtungen weht. Bei dem restlichen Viertel weht er zu 7,5 % von 260°, zu 2,5 % von 220°, zu 5 % von 180° und zu 10 % von 160°.

Nun kennt das Windregime von St. Raphael vier Hauptwinde, die sich in der engschraffierten Windrose niederschlagen: Seebrise zwischen 140° und 180°, Landbrise zwischen 320° und 360°, Ostwind zwischen 060° und 100°, Mistral zwischen 280° und 300°. (Die Gradzahlen wurden vom Leiter der Station mitgeteilt.)

Die Windrichtung des Mistrals fällt also genauestens mit der bevorzugten Windrichtung an Waldbrandtagen zusammen.

Diese Kongruenz allein genügt nicht, Mistral und Winde an Waldbrandtagen gleichzusetzen. Denn zur Identifizierung eines Windes wie jedes anderen Vektors gehört neben der Richtung die Geschwindigkeit. Da nun auch die Geschwindigkeit der Winde bei Waldbränden der des Mistrals entspricht - Abschnitt 5.2.6 hat es ausreichend dargelegt - sind wir berechtigt, den Mistral als vorherrschenden Wind an Waldbrandtagen anzunehmen.

Welche Windrichtungen herrschen in den anderen (nicht abgebildeten) Stationen bei Waldbränden vor?

- In Marignane sind es die Richtungen 320° und 340° mit relativen Häufigkeiten von 37,5 % und 21 %. Zählt man die benachbarten Richtungen 280°, 300° und 360° hinzu - von 280° bis 360° weht nämlich dort der Mistral - so beginnen 71,5 % aller Waldbrände bei Winden aus diesem Sektor.
- In Toulon entstehen 91,5 % (!) aller Waldbrände bei Winden aus dem Sektor 260° bis 320°, der für die Station Toulon definitionsgemäß als Mistralsektor gilt.

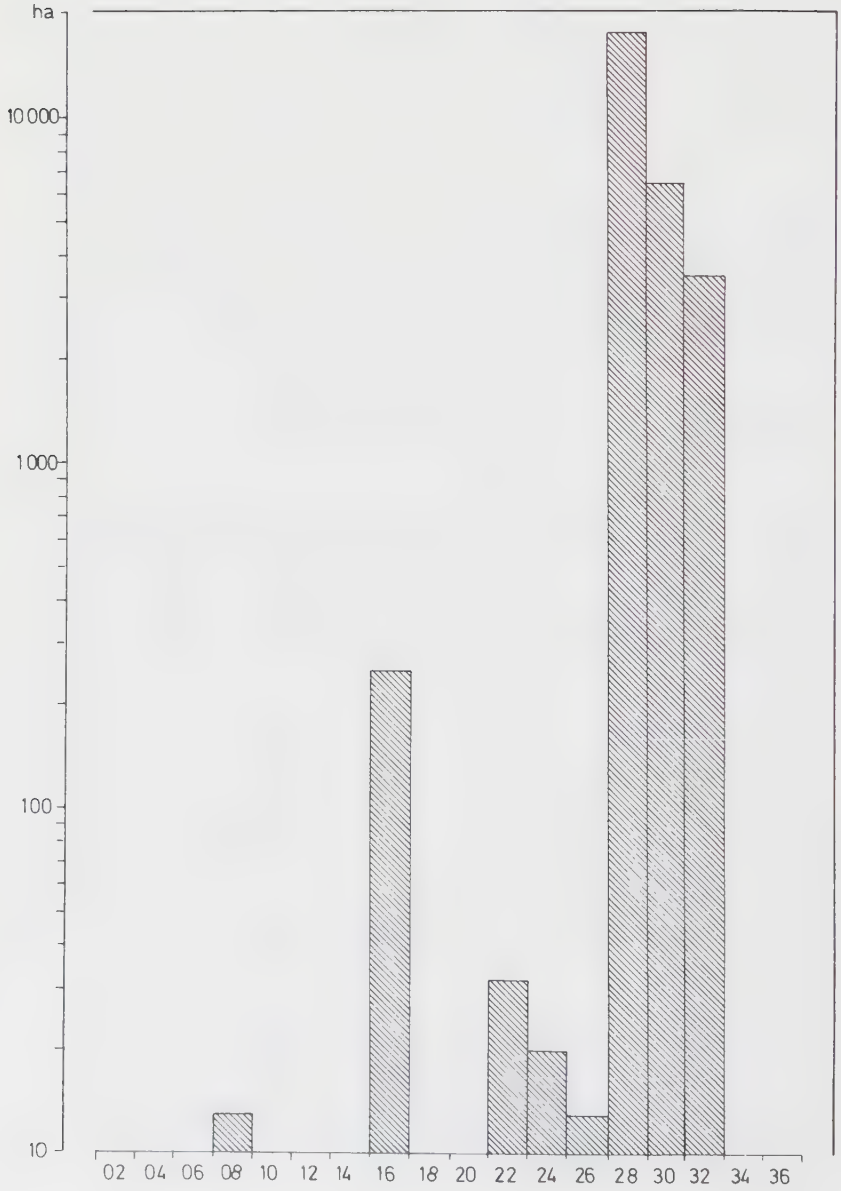
- Nicht anders in Le luc, wo 70,8 % der Brände bei den Mistralrichtungen 280° bis 340° ausbrechen.
- Schwierig gestaltet sich die Interpretation der Windrichtungen für die Station Nizza, wie es die dortigen topographischen Besonderheiten erwarten ließen. Waldbrände ereignen sich hauptsächlich bei Winden aus Nordwest, Südwest und Ost. Den Anteil des Mistrals in Zahlen zu fassen ist kaum durchführbar, da er aus unterschiedlichen Richtungen zwischen 200° und 340° wehen kann. Erschwerend tritt hinzu, daß er bisweilen weder nach Richtung noch nach Geschwindigkeit vom Landwind zu unterscheiden ist. (Der Landwind, der von NW bis W weht, kann Mistralstärke erreichen.) Nur eine wetterkartenmäßige Untersuchung der Waldbrandtage, von Fall zu Fall durchgeführt, könnte den wahren Anteil des Mistrals herausschälen.

Klammert man den Sonderfall Nizza aus, dann ist eine enge Beziehung zwischen Waldbrandhäufigkeit und bestimmten Windrichtungen erwiesen. Diese Abhängigkeit wird vermutlich noch größer sein zwischen Waldbrandausdehnung und Windrichtung, da ja der Wind, wie es mehrfach deutlich wurde, stärker auf die Ausdehnung wirkt als auf die Frequenz.

Abbildung 15 (S.126) informiert über das Verhältnis zwischen Ausdehnung der Waldbrände und Windrichtung im Einzugsbereich der Station Toulon. Jede Säule repräsentiert die Summe der Flächen, die bei einer gegebenen Windrichtung abgebrannt sind. Trotz Verwendung des logarithmischen Maßstabes - bei einm linearen Maßstab wäre die gewaltige Spanne zwischen 0 ha und 17 563 ha nicht darstellbar - treten die Unterschiede deutlich zutage.

Nur bei drei Windrichtungen haben sich ausgedehnte Waldbrände ereignet: bei 280° sind 17 563 ha abgebrannt, bei 300° sind es 6 510 ha und bei 320° wurden 3 503 ha vernichtet. Alle anderen Windrichtungen sind unbeteiligt oder

Abb.15: Waldbrandfläche pro Windrichtung **Station: Toulon**



haben schlimmstenfalls ein paar 'Miniflächen' aufzuweisen.

Die gefährlichste Windrichtung für den Einzugsbereich der Station Toulon ist also 280°. In den übrigen Stationen, deren Säulendiagramme nicht abgebildet sind, haben folgende Windrichtungen die größten Brandflächen zu verzeichnen: ebenfalls 280° in St. Raphael, 300° in Le Luc, 320° in Marignane.

In Nizza gibt es mehrere Windrichtungen mit etwa gleich großen Waldbrandflächen: 200°, 260°, 300°, 320° und 340°; sie liegen im südwestlichen und nordwestlichen Quadranten.

Die Quintessenz dieses Abschnittes lautet: Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände sind an bestimmte Windrichtungen geknüpft. Je nach Station sind es nördliche bis westliche, in Nizza auch südwestliche Winde, die an Waldbrandtagen wehen. Winde aus anderen Richtungen sind selten; ihr Einfluß auf die Ausdehnung der Waldbrände ist bedeutungslos.

Die bisherige analytische Untersuchung hat gezeigt, daß die einzelnen Klimaelemente in ihrem Einfluß auf die Waldbrände unterschiedlich sind. Abschließend sollen sie hinsichtlich ihrer Eignung für eine Regressionsanalyse, die im nächsten Abschnitt folgt, beurteilt werden.

Die Temperatur hat sich in jeder Beziehung als bedeutungslos erwiesen; deshalb entfällt ihre Verwendung für die Bestimmung des Waldbrandrisikos.

Die relative Luftfeuchtigkeit war ein wertvoller Indikator für das Ausbrechen von Waldbränden. Allerdings ist festgestellt worden, daß sie mit dem Wind gekoppelt auftritt. Folglich erscheint es überflüssig, sie separat aufzuführen.

Beim Wasserhaushalt war eine wenig deutliche Beziehung zu

erkennen zwischen Waldbrand und der Dauer, die seit dem letzten vorausgegangenen Starkniederschlag ($\geqslant$ 10,0 mm) vergangen war; ausgeprägt aber war die Abhängigkeit von der Wasserreserve, die daher in die Regressionsanalyse eingehen soll.

Windgeschwindigkeit und -richtung waren für die Waldbrände von großer Bedeutung. Da Geschwindigkeit und Richtung untereinander korrelieren - beim Mistral sind hohe Geschwindigkeit und nordwestliche Richtung (sowie niedrige relative Luftfeuchtigkeit) miteinander verbunden - genügt es, nur eine dieser Größen zu wählen: die mittlere Windgeschwindigkeit.

Wasserreserve und mittlere Windgeschwindigkeit sind also die Parameter, mit deren Hilfe die Waldbrandgefahr bestimmt werden soll.

5.3 Regressions- und Korrelationsanalyse zur Errechnung des Waldbrandrisikos

Um die Beziehung zwischen einer abhängigen und mehreren unabhängigen Variablen zu erfassen, bedient man sich in der Statistik der multiplen Regression (LINDER 1964, S. 185 - 206). In unserem Fall ist die Abhängigkeit des Waldbrandrisikos von den unabhängigen Veränderlichen 'mittlere Windgeschwindigkeit' und 'Wasserreserve' zu ermitteln.

Selbstverständlich ist das Waldbrandrisiko von weiteren Faktoren wie Zündanlässe, Zustand des Waldes, Präventivmaßnahmen etc. abhängig. Da solche Faktoren nicht meßbar sind, können sie nicht in die Regressionsanalyse aufgenommen werden.

Problematisch ist die Quantifizierung des Begriffes 'Waldbrandrisiko' bzw. 'Waldbrandgefahr'. Was will er bedeuten? - Zweifellos die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Waldbrand eintritt oder nicht.

Zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit wird ein Umweg eingeschlagen über die Ausdehnung bzw. Fläche des Waldbrandes. Wir setzen voraus, daß die Waldbrandfläche proportional ist zum Waldbrandrisiko. Einem Brandrisiko von Null entspricht eine Brandfläche von 0 ha, einem maximalen Risiko entspricht eine maximale Brandfläche.

Es ist also die Abhängigkeit der Waldbrandfläche z von der mittleren Windgeschwindigkeit x und der Wasserreserve y zu untersuchen.

Zu disem Zweck wird der Gesamtheit von 809 Waldbränden eine Stichprobe von 50 Fällen entnommen, die in der Tabelle 4 (S.130) aufgeführt sind.

Es erschien ratsam, die 50 Fälle aus einem Raum zu nehmen, in dem für das Entstehen von Waldbränden möglichst einheitliche Ausgangsbedingungen herrschen (Größe der Waldgebiete, Holzarten etc.). Diese Überlegung führte dazu, das forstgeographisch homogene Dep. Var zu wählen. Es wurden also für jeden Waldbrandtag des Dep. Var die Brandflächen (Mindestgröße 100 ha) addiert und in Beziehung gesetzt zu Windgeschwindigkeit und Wasserreserve.

50 Wertetripel liegen vor, von denen sich jedes in einem dreidimensionalen Koordinatensystem als Punkt darstellen läßt. Alle zusammen ergeben eine Punktwolke, deren Tendenz durch eine Regressionsfläche beschrieben werden soll (vgl. Abb. 16, S.134). Als Kriterium für die Lage der Fläche gilt das GAUSSsche Prinzip der kleinsten Quadrate. Es besagt folgendes: die Fläche ist so zu legen, daß die Summe der Quadrate aller Abstände zwischen Stichprobenpunkten und Fläche möglichst klein wird; in unserem Falle erfolgt die Minimierung entsprechend der vorgegebenen Fragestellung parallel zur z-Achse.

Die gesuchte Regressionsfläche hat die Gleichung (Ableitung bei LINDER, S. 189):

$$z = a\,(x-\bar{x}) + b\,(y-\bar{y}) + \bar{z}$$

Nachfolgend sind also die Durchschnitte $\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ und die Regressionskoeffizienten a und b zu errechnen.

Tab. 4 Ausdehnung der Waldbrandfläche (z) in Abhängigkeit von Windstärke (x) und Wasserreserve (y)

x $m \cdot sec^{-1}$	y mm	z ha	$x-\bar{x}$	$y-\bar{y}$	$z-\bar{z}$	$(x-\bar{x})^2$	$(y-\bar{y})^2$	$(z-\bar{z})^2$	$(x-\bar{x})(y-\bar{y})$	$(x-\bar{x})(z-\bar{z})$	$(y-\bar{y})(z-\bar{z})$
5,1	61	110	-2,0	3	-1365	4,00	9	1863225	- 6,0	2730,0	- 4095
9,1	85	110	2,0	27	-1365	4,00	729	1863225	54,0	-2730,0	- 36855
10,3	144	113	3,2	86	-1362	10,24	7396	1855044	275,2	-4358,4	-117132
1,6	26	120	-5,5	-32	-1355	30,25	1024	1836025	176,0	7452,5	43360
3,6	14	120	-3,5	-44	-1355	12,25	1936	1836025	154,0	4742,5	59620
1,9	46	120	-5,2	-12	-1355	27,04	144	1836025	62,4	7046,0	16260
12,4	114	125	5,3	56	-1350	28,09	3136	1822500	296,8	-7155,0	- 75600
12,3	133	135	5,2	75	-1340	27,04	5625	1795600	390,0	-6968,0	-100500
1,5	41	150	-5,6	-17	-1325	31,36	289	1755625	95,2	7420,0	22525
13,1	122	150	6,0	64	-1325	36,00	4096	1755625	384,0	-7950,0	- 13250
9,3	43	150	2,2	-15	-1325	4,84	225	1755625	- 33,0	-2915,0	19875
7,5	70	166	0,4	12	-1309	0,16	144	1713481	4,8	- 523,6	- 15708
10,4	119	187	3,3	61	-1288	10,89	3721	1658944	201,3	-4250,4	- 78568
2,6	35	220	-4,5	-23	-1255	20,25	529	1575025	103,5	5647,5	28865
14,0	21	230	6,9	-37	-1245	47,61	1369	1550025	-255,3	-8590,5	46065
2,1	20	243	-5,0	-38	-1232	25,00	1444	1517824	190,0	6150,0	46816
6,5	126	250	-0,6	68	-1225	0,36	4624	1500625	- 40,8	735,0	- 83300
2,9	28	250	-4,2	-30	-1225	17,64	900	1500625	126,0	5145,0	36750
2,9	65	250	-4,2	7	-1225	17,64	49	1500625	- 29,4	5145,0	- 8575
9,1	26	260	2,0	-32	-1215	0,40	1024	1476225	- 64,0	-2430,0	38880
2,9	14	292	-4,2	-44	-1183	17,64	1936	1399489	184,8	4968,6	52052
8,4	45	300	1,3	-13	-1175	1,69	169	1380625	- 16,9	-1527,5	15275

(Fortsetzung)

6,6	138	310	-0,5	80	-1165	0,25	6400	1357225	- 40,0	582,5	- 93200
5,5	36	319	-1,6	-22	-1156	2,56	484	1336336	35,2	1849,6	25432
5,9	20	325	-1,2	-38	-1150	1,44	1444	1322500	45,6	1380,0	43700
3,1	29	330	-4,0	-29	-1145	16,00	841	1311025	116,0	4580,0	33205
2,6	35	360	-4,5	-23	-1115	20,25	529	1243225	103,5	5017,5	25645
10,4	27	500	3,3	-31	- 975	10,89	961	950625	- 102,3	- 3217,5	30225
2,0	30	544	-5,1	-28	- 931	26,01	784	866761	142,8	4748,1	26068
5,3	60	550	-1,8	2	- 925	3,24	4	855625	- 3,6	1665,0	- 1850
8,6	126	641	1,5	68	- 834	2,25	4624	695556	102,0	- 1251,0	- 56712
8,3	141	660	1,2	83	- 815	1,44	6889	664225	99,6	- 978,0	- 67645
1,5	21	700	-5,6	-37	- 775	31,36	1369	600625	207,2	4340,0	28675
8,3	25	729	1,2	-33	- 746	1,44	1089	556516	- 39,6	- 895,2	24618
7,8	134	840	0,7	76	- 635	0,49	5776	403225	53,2	- 444,5	- 48260
3,6	83	950	-3,5	25	- 525	12,25	625	275625	- 87,5	1837,5	- 13125
2,6	20	971	-4,5	-38	- 504	20,25	1444	254016	171,0	2268,0	19152
3,1	39	1045	-4,0	-19	- 430	16,00	361	184900	76,0	1720,0	8170
6,4	21	1200	-0,7	-37	- 275	0,49	1369	75625	25,9	192,5	10175
12,5	141	1500	5,4	83	25	29,16	6889	625	448,2	135,0	2075
6,6	24	1500	-0,5	-34	25	0,25	1156	625	17,0	- 12,5	- 850
6,3	48	1510	-0,8	-10	35	0,64	100	1225	8,0	- 28,0	- 350
7,8	8	2850	0,7	-50	1375	0,49	2500	1890625	- 35,0	962,5	- 68760
9,6	66	2926	2,5	8	1451	6,25	64	2105401	20,0	3627,5	11608
15,0	58	5121	7,9	0	3646	62,41	0	13293316	0,0	28803,4	0
7,6	21	6140	0,5	-37	4665	0,25	1369	21762225	- 18,5	2332,5	- 172605
12,3	12	6147	5,2	-46	4672	27,04	2116	21827584	- 239,2	24294,4	- 214912
12,6	31	9190	5,5	-27	7715	30,25	729	59521225	- 148,5	42432,5	- 208305
13,4	36	10032	6,3	-22	8557	39,69	484	73222249	- 138,6	53909,1	- 188254
9,4	50	11797	2,3	- 8	10322	5,29	64	106543684	- 18,4	23740,6	- 82576
354,2	2878	73738				742,72	90982	349870476	3052,6	211375,2	-1035896

Durchschnitte:

$\bar{x} = 7,1$

$\bar{y} = 58$

$\bar{z} = 1\,475$

Summen:

$$\sum(x-\bar{x})^2 = S_{11} = 742,72$$
$$\sum(y-\bar{y})^2 = S_{22} = 90\,982$$
$$\sum(z-\bar{z})^2 = S_{33} = 349\,870\,476$$
$$\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y}) = S_{12} = 3\,052,6$$
$$S^2_{12} = 9\,318\,366,76$$
$$\sum(x-\bar{x})(z-\bar{z}) = S_{13} = 211\,375,2$$
$$\sum(y-\bar{y})(z-\bar{z}) = S_{23} = -1\,035\,896$$

Formeln für die Berechnung der Regressionskoeffizienten a und b (LINDER, S. 189)

$$a = \frac{S_{22} \cdot S_{13} - S_{12} \cdot S_{23}}{S_{11} \cdot S_{22} - S^2_{12}}$$

$$= \frac{19\,231\,338\,446,4 + 3\,162\,176\,129,6}{67\,574\,151,04 - 9\,318\,366,76}$$

$$= \frac{22\,393\,514\,576}{58\,255\,784,28}$$

$$= 384$$

$$b = \frac{S_{11} \cdot S_{23} - S_{12} \cdot S_{13}}{S_{11} \cdot S_{22} - S^2_{12}}$$

$$= \frac{- 769\,380\,677{,}12 \; - \; 645\,243\,935{,}52}{67\,574\,151{,}04 \; - \; 9\,318\,366{,}76}$$

$$= \frac{-1\,414\,624\,612{,}64}{58\,255\,784{,}28}$$

$$= -24$$

Die gefundenen Werte werden eingesetzt in die Gleichung

$$z = a\,(x-\bar{x}) + b\,(y-\bar{y}) + \bar{z}$$

$$= 384\,x - 2\,726{,}4 - 24\,y + 1\,392 + 1\,475$$

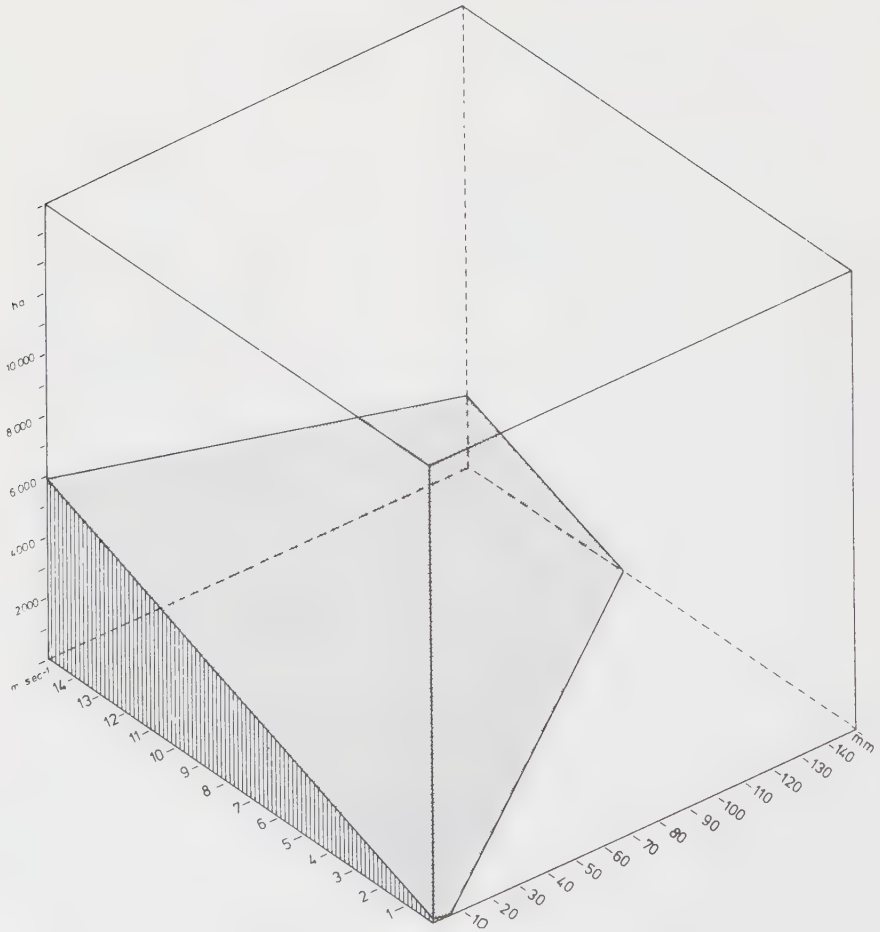
$$= 384\,x - 24\,y + 141$$

Wie bereits angedeutet, läßt sich die Regressionsgleichung, die auf die allgemeine Form $z = ax + by + c$ zurückgeht, geometrisch interpretieren als eine Ebene in einem Raum.

Das dreidimensionale Koordinatensystem (Abb. 16, S. 134) hat seinen Ursprung vorn unten in der Mitte; von dort gehen die drei Achsen rechtwinklig auseinander. Nach links weist die x-Achse (mittlere Windgeschwindigkeit in $m \cdot sec^{-1}$), nach rechts die y-Achse (Bodenwasserreserve in mm) und nach oben die z-Achse (abgebrannte Fläche in ha). Für letztere ist die Einteilung aus optischen Gründen auf die Parallele am linken Blattrand verlegt.

Die drei Achsen sind in ihrer Ausdehnung begrenzt durch Grenzwerte von x, y und z:
Die mittlere Windgeschwindigkeit x bewegt sich zwischen 0 und 15 $m \cdot sec^{-1}$. (Höhere Werte werden in der Praxis selten auftreten.)
Die Wasserreserve y bewegt sich definitionsgemäß zwischen 0 und 150 mm.
Die Waldbrandfläche z kann zwar von der unteren Grenze 0 ha beliebig hoch steigen; doch ist sie als Abhängige von x und y ebenfalls begrenzt.

Abb.16: Geometrische Darstellung der Regressionsgleichung $z = 384x - 24y + 141$



So ist das theoretisch unendliche Koordinatensystem in einen begrenzten Würfel verwandelt, dessen Kanten die drei Achsen bzw. ihre Parallelen sind.

In den Würfel wird die Regressionsebene $z = ax + by + c$ (in unserem Falle $z = 384\,x - 24\,y + 141$) eingetragen. Zu ihrer Konstruktion werden die Schnittgeraden zwischen der Regressionsebene und den drei Koordinatenebenen eingezeichnet.

I Schnittgerade der zx - Ebene ($y = 0$)

$$\begin{aligned} z &= ax + by + c \\ &= ax + c \\ &= 384\,x + 141 \end{aligned}$$

II Schnittgerade der zy - Ebene ($x = 0$)

$$\begin{aligned} z &= ax + by + c \\ &= by + c \\ &= -24\,y + 141 \end{aligned}$$

III Schnittgerade der xy - Ebene ($z = 0$)

$$\begin{aligned} z &= ax + by + c \\ y &= -\frac{ax}{b} - \frac{c}{b} \\ &= 16\,x + 5{,}9 \end{aligned}$$

Zusätzlich werden auf den abgewandten Würfelflächen eine IV. und eine V. Schnittgerade eingezeichnet. Sie sind nichts anderes als Parallelen zur I. und II. Schnittgeraden; in der Steigung gleich, unterscheiden sie sich im absoluten Glied. (Bei der IV. ist $y = 150$ mm anstelle von 0 mm, bei der V. ist $x = 15\ \mathrm{m \cdot sec^{-1}}$ anstelle von $0\ \mathrm{m \cdot sec^{-1}}$.)

Die Schnittgeraden umreißen die Ebene, welche im Sinne des Kriteriums der kleinsten Quadrate als die bestmögliche gilt. Selbstverständlich kann sie über die linke hintere Würfelfläche hinaussteigen, wenngleich die mittlere Windgeschwin-

keit, wie gesagt, selten 15 $m \cdot sec^{-1}$ überschreiten wird.

Die gefundene Gleichung nebst graphischer Darstellung in Form eines Nomogramms erlauben es, konkrete Aussagen zur Waldbrandausdehnung bzw. zum Waldbrandrisiko zu machen:

Wenn die mittlere Windgeschwindigkeit um 1 $m \cdot sec^{-1}$ zunimmt, wächst die Brandfläche bei konstanter Wasserreserve um 384 ha.

Fällt die Wasserreserve um 10 mm, steigt die Brandfläche bei konstanter Windgeschwindigkeit um 240 ha an.

An dieser Stelle können wir von der Waldbrandfläche auf das -risiko zurückschließen. Bei $z < 0$ besteht kein Risiko; es beginnt, sobald $z = 0$ ist und steigt mit wachsendem z.

Mit Hilfe der Formel bzw. des Nomogramms ist es möglich, für jedes Wertepaar von Wasserreserve und Windgeschwindigkeit das Waldbrandrisiko zu bestimmen.

Ein Beispiel:
Besteht eine Gefahr bei einer Wasserreserve von 100 mm und einer Windgeschwindigkeit von 5 $m \cdot sec^{-1}$? - Nein, weil $z < 0$.

Ein anderes Beispiel:
Die Wasserreserve beträgt 150 mm, resp. 100; 50; 30; 10.
Frage: Ab welcher Windgeschwindigkeit besteht jeweils Waldbrandgefahr?
Antwort: ab 9 $m \cdot sec^{-1}$, resp. 6; 3; 1,5; 0,3.

Die Beispiele mögen genügen, um die Brauchbarkeit der Gleichung zu beweisen, die durchaus - so das mündliche Urteil der Meteorologen des Wetteramtes Marignane - mit den Erfahrungswerten aus der Praxis übereinstimmt.

Nichtsdestoweniger muß untersucht werden, wie weit die tatsächlichen Werte um die Regressionsebene streuen. Schließlich sind nichtklimatische Parameter vorhanden, die ihrerseits einen Einfluß auf die Waldbrände ausüben. Sind sie am

Ende so einflußreich, daß sie die gefundene Regression in Frage stellen?

Antwort darauf gibt die multiple Korrelation, welche die Enge des Zusammenhanges zwischen Regressionsebene und Stichprobenpunkten feststellt. Der multiple Korrelationskoeffizient r wird errechnet als Wurzel aus der multiplen Bestimmtheit B (WEBER 1966, S. 379).

$$B = \frac{a \cdot \Sigma(x-\bar{x})(z-\bar{z}) + b \cdot \Sigma(y-\bar{y})(z-\bar{z})}{\Sigma(z-\bar{z})^2}$$

$$= \frac{a \cdot S_{13} + b \cdot S_{23}}{S_{33}}$$

$$= \frac{81\ 168\ 076,_ + 24\ 861\ 504}{349\ 870\ 476}$$

$$= 0,3030$$

$$r = \sqrt{B}$$

$$= 0,55$$

Der Korrelationskoeffizient r = 0,55 besagt, daß eine mäßige Stärke oder 'Strammheit' der Abhängigkeit vorliegt. Die Funktion kann unter Vorbehalt zur Vorhersage des Waldbrandrisikos verwendet werden. Aber gleichzeitig wird deutlich, welchen Einfluß nichtklimatische Parameter haben.

5.4 Synoptische Untersuchung: Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände in Abhängigkeit von Wetterlagen

5.4.1 Großwetterlagen und -typen nach HESS-BREZOWSKY

Zwar existieren in Frankreich einige Wetterlagenklassifikationen, z.B. die von LE GALL, MERTZ, PEDELABORDE und VIAUT, aber es gibt keine spezielle für das mediterrane Frankreich.

Bisherige Versuche, die 'types de temps' zu klassifizieren, scheiterten an der Geographie des Raumes, die vielfach komplizierter ist als die des Aquitanischen oder des Pariser Beckens (vgl. 5.1). Auch in absehbarer Zukunft ist laut Auskunft südfranzösischer Geographen und Meteorologen nicht mit einer Wetterlageneinteilung für den Midi zu rechnen.

In der nachfolgenden Untersuchung wird also eine fremde Klassifikation übernommen, und zwar 'Die Großwetterlagen Europas' von HESS-BREZOWSKY (zuletzt 1969). Wir nehmen den Nachteil in Kauf, den die Anwendung einer großräumigen Betrachtungsweise auf einen kleinen, peripher gelegenen Raum mit sich bringt. Dafür profitieren wir von dem Vorteil, daß die Ergebnisse dieser Klassifikation für jeden Tag vorliegen.

Das Arbeitsverfahren ist denkbar einfach: Jeder Waldbrand wird an Hand des Kataloges bzw. der monatlichen Reihe 'Die Großwetterlagen Europas' einer Großwetterlage (GWL) zugeordnet. Sodann werden die Waldbrandhäufigkeiten und -flächen pro GWL addiert. Schließlich erfolgt eine Zusammenfassung nach Großwettertypen (GWT).

In der Tabelle 5 (S.139), linke Spalte, ist abzulesen, wieviel Prozent der Waldbrände sich bei jeder GWL ereignet haben. Zum Vergleich ist in Klammern hinzugefügt, mit welcher prozentualen Häufigkeit die einzelnen GWL jährlich auftreten (HESS-BREZOWSKY 1969, S. 11).

Beispiel:
Bei Nordlagen (NA), die an 1,1 von 100 Tagen auftreten, sind nur 0,6 von 100 Waldbränden ausgebrochen.

Ein erster Blick auf die 29 GWL zeigt, welch unterschiedlichen Anteil die einzelnen Lagen an den Waldbränden haben. Während die WZ 20,2 % der Brände verzeichnet, haben die SZ und SEZ überhaupt keine. Zwischen diesen Extremen verteilen sich die übrigen Häufigkeiten, scheinbar zufällig verstreut.

Tab. 5 Häufigkeit und Ausdehnung der Waldbrände pro GWL und GWT

	relative Häufigkeit in %		Ausdehnung in ha
NA	0,6	(1,1)	114
NZ	3,1	(2,9)	2 124
HNA	1,2	(3,7)	575
HNZ	0,5	(1,4)	735
HB	1,9	(3,3)	1 359
TRM	11,9	(3,9)	30 739
Nord	19,2	(16,3)	35 646
NWA	1,5	(4,7)	1 195
NWZ	14,8	(4,5)	28 771
Nordwest	16,3	(9,2)	29 966
WA	4,3	(5,8)	3 167
WZ	20,2	(15,2)	29 424
WS	5,4	(3,3)	23 433
WW	1,6	(2,6)	777
West	31,5	(26,9)	56 801
SWA	1,7	(2,0)	1 622
SWZ	2,5	(1,6)	8 307
Südwest	4,2	(3,6)	9 929
SA	0,4	(2,0)	90
SZ	0,0	(0,9)	0
TB	0,9	(2,1)	445
TRW	3,6	(2,5)	2 324
Süd	4,9	(7,5)	2 859
SEA	0,5	(2,2)	96
SEZ	0,0	(1,5)	0
Südost	0,5	(3,7)	96
HFA	0,7	(3,7)	746
HFZ	1,2	(0,8)	1 337
HNFA	0,5	(1,2)	152
HNFZ	2,8	(1,5)	3 847
Ost	5,2	(7,2)	6 082
NEA	0,9	(2,7)	222
NEZ	1,2	(2,3)	836
Nordost	2,1	(5,0)	1 058
HM	9,6	(11,0)	7 977
BM	3,6	(6,0)	4 634
Hoch Mitteleuropa	13,2	(17,0)	12 611
Tief Mitteleuropa	2,0	(2,7)	511
unbestimmt	0,9	(0,9)	409

Betrachten wir systematisch, d.h. nach der Richtung der Luftzufuhr, die Häufigkeiten unter gleichzeitiger Berücksichtigung der eingeklammerten Vergleichswerte.

Der GWT Nord ist bei Waldbränden überdurchschnittlich hoch vertreten: beträgt sein jährlicher Anteil an den Großwettertypen nur 16,3 %, ist sein Anteil an Waldbränden 19,2 %. Im Winter (aus der Tabelle nicht ersichtlich) ist er noch höher; 31 von 93 Winterwaldbränden ereigneten sich bei nördlicher Strömung!

Wenn wir den Typ aufschlüsseln, erkennen wir, daß die TRM die Hauptverantwortung trägt. Diese nicht besonders häufige Lage (an 3,9 von 100 Tagen) hat in der Tat einen hohen Anteil an Waldbränden: 11,9 %.

Die übrigen fünf Lagen dieses Typs fallen nicht sonderlich ins Gewicht; höchstens noch die der TRM verwandte NZ mit 3,1 %.

Der hohe Anteil der TRM an Waldbränden kommt nicht von ungefähr. Die Lage bringt nämlich Kaltluft (mP_A, mP) ins westliche Mittelmeer, woraus kräftige Zyklogenese und damit verbundener Mistral resultieren. (Gleiches gilt für die NZ.)

Es ist ein glücklicher Umstand, daß die TRM im Sommer, wenn die Wasserreserve niedrig ist, vergleichsweise selten auftritt. Falls sich diese Lage doch einmal im Juli oder August etabliert, wie im Juli 1970, ist das Schlimmste zu befürchten.

Der GWT Nordwest spielt mit 16,3 % ebenfalls eine große Rolle. Davon beansprucht die NWZ den Löwenanteil: 14,8 %. Das ist um so beachtlicher, als diese GWL im Mittel an nur 4,5 % der Tage vorherrscht. Die antizyklonale Nordwestlage hingegen ist unterrepräsentiert.

Anders als die verwandte TRM hat die NWZ ihr Maximum im Hochsommer. Das bedeutet, daß Mistralregime und niedrige Wasserreserve zusammentreffen.

Wie bei den vorausgegangenen Typen ist auch beim GWT West, der mit 31,5 % am stärksten beteiligt ist, eine zyklonale Lage von entscheidender Bedeutung: die WZ. Wenn man aber weiß, daß die WZ mit einem jährlichen Anteil von 15,2 % sowieso die häufigste GWL ist, erscheint ihr Waldbrandanteil von 20,2 % nicht mehr sonderlich hoch. Bemerkenswert ist auch hier, daß die WZ ihr Maximum im Sommer besitzt, zur Zeit niedriger Wasserreserve.

Die WS, wiederum eine zyklonale GWL, hat einen Anteil von immerhin 5,4 % an den Waldbränden, während die übrigen Westlagen unterrepräsentiert sind.

Ziehen wir an dieser Stelle eine Zwischenbilanz! Mit den besprochenen Typen sind bereits zwei Drittel aller Waldbrände erfaßt. Innerhalb dieser Typen sind die drei Lagen TRM, NWZ und WZ hervorzuheben.

Die Ursachen liegen auf der Hand, zumindest für die TRM und die NWZ: eine nach Nordosten vorgeschobene Subtropenhochzelle blockiert (TRM) oder deformiert (NWZ) die Frontalzone, so daß eine low-index Zirkulation Kaltluft ins westliche Mittelmeer führt. Folge: Mistral.

Schwieriger ist einzusehen, warum die WZ das Entstehen von Waldbränden begünstigt, ist sie doch in mitteleuropäischer Sicht eine high-index Zirkulationsform. Um diese Frage zu beantworten, wird im nächsten Abschnitt die Richtung des Gradientwindes der 700 mb-Fläche zu Rate gezogen. Es ist zu vermuten, daß auch bei der WZ eine meridionale Strömungskomponente im Bereich der südlichen Provence dominiert.

Fahren wir fort, die restlichen GWT und GWL zu betrachten. Sie sind im allgemeinen unbedeutend; ihre Anteile an den Waldbränden liegen in der Regel unter ihrer jährlichen Häufigkeit. Bloß der GWT Hoch Mitteleuropa verdient besondere Erwähnung, weil bei ihm nicht weniger als 13,2 % der Waldbrände ausbrachen. Dazu ist folgendes zu sagen:

Zwar herrscht meistens bei diesem Typ ein antizyklonales Regime über der südlichen Provence, doch können bei gleichzeitigem Tiefdruck über dem Mittelmeer zyklonale Bedingungen entstehen, zumal, wenn Kaltfronten von Norden nach Süden die Hochdruckbrücke durchbrechen.

Nachdem bislang die Brandhäufigkeit pro GWL und GWT untersucht wurde, wird jetzt die Brandausdehnung behandelt (rechte Spalte der Tabelle).

Das Übergewicht der GWT Nord, Nordwest und West wird noch spürbarer; 122 413 ha von insgesamt 155 968 ha, das sind fast vier Fünftel, brannten bei den drei Typen ab. Innerhalb dieser Typen sind es wiederum die Lagen TRM, NWZ und WZ, welche die entscheidende Rolle spielen, allerdings in umgekehrter Reihenfolge wie bei der Häufigkeit (WZ, NWZ, TRM). Mit zunehmender Meridionalität wächst also die abgebrannte Fläche pro Brand; das erklärt sich aus der Tatsache, daß bei meridionaler Zirkulation ausgesprochen kalte Luft herangeführt wird, die im Konflikt mit mediterraner Luft einen starken Luftdruckgradienten erzeugt.

Überraschend hoch ist die Waldbrandausdehnung bei der WS. Auch hier liegt die Vermutung nahe, daß bei dieser Lage wie bei der verwandten WZ eine meridionale Zirkulation über Mittelmeerfrankreich vorherrscht.

Das restliche Fünftel an Waldbrandflächen verteilt sich auf die übrigen GWT bzw. GWL, namentlich auf die Lagen SWZ, TRW, HNFZ, HM und BM. Dabei ist zu beachten, daß die jeweilige Strömungsrichtung über dem Untersuchungsgebiet nicht zwangsläufig identisch ist mit der über Mitteleuropa. Ein Beispiel: Am Nachmittag des 8. Juli 1965 - für diesen Tag ist im Katalog der Großwetterlagen 'TRW' vermerkt - ereignete sich nahe Toulon ein Brand von 857 ha. Der Wind wehte aber nicht von Süd, wie es in Mitteleuropa bei einer TRW normal ist; er wehte in allen Schichten von Nordwest.

Erklärung: Der Trog, welcher sich in der vorausgegangenen Nacht von Skandinavien bis zur Biskaya erstreckte, war rasch nach Osten geschwenkt. Dadurch lag die südliche Provence zur Zeit des Waldbrandes bereits auf seiner Rückseite, also im Bereich einer kräftigen Nordströmung.

Dieses Beispiel zeigt die Problematik, die in der Verwendung der Klassifikation von HESS-BREZOWSKY für die Provence steckt. Um mögliche Fehler zu korrigieren, wird folgender Abschnitt die Zirkulation an Hand der Höhenwinde verifizieren.

5.4.2 Höhenwinde im 700 mb-Niveau

Zur Charakterisierung von Wetterlagen bedient man sich gern der Höhenströmungen, die übersichtlicher und stabiler sind als die von ihnen gesteuerten Witterungsabläufe am Boden.

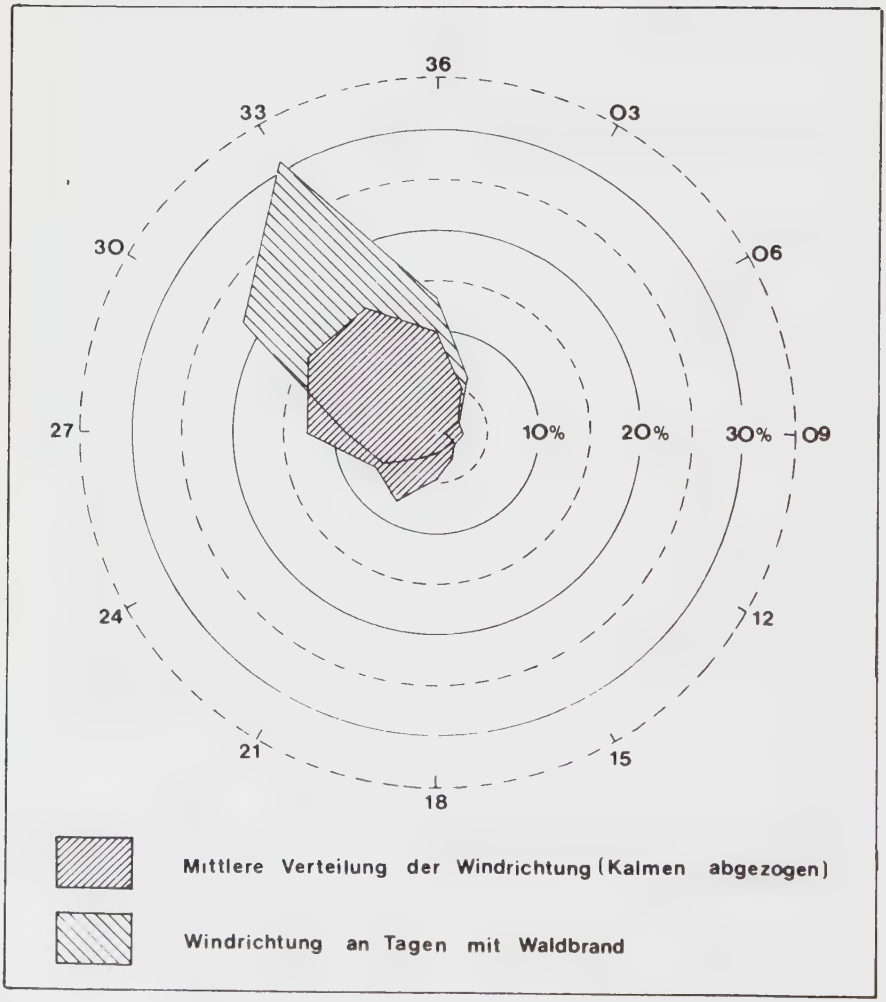
Da die Stationen innerhalb des Untersuchungsgebietes keine aerologischen Aufstiege durchführen, werden die Beobachtungen der benachbarten Radiosondenstation Nîmes ($\varphi = 43^{\circ}$ 52' N; $\lambda = 4^{\circ}$ 24' E) übernommen. Auf Anraten des Stationsleiters wird die 700 mb-Standard-Isobarenfläche gewählt:

- Sie liegt oberhalb der Bodenreibungsschicht, die bei dem hochgelegenen Untersuchungsgebiet bis ins 850 mb-Niveau reichen kann.
- Sie liegt unterhalb der generellen Westwindströmung, die bereits im 500 mb-Niveau so sehr dominiert, daß eine weitere Differenzierung der Höhenwinde schwerfällt (vgl. METEOR. NAT. 1961, S. 63-97). Außerdem verbietet es die Aufgabenstellung - der Einfluß des Höhenwindes auf Waldbrände - sich zu weit vom Boden zu entfernen.

Abbildung 17 (S.144) zeigt eine weitschraffierte Windrose, welche die Richtung der Höhenwinde an Tagen mit Waldbrand angibt. Für jede der 12 Windrichtungen ist die relative

Abb. 17: Höhenwindrichtung (700 mb) an Tagen mit Waldbrand

Station: Nîmes



Brandhäufigkeit an den Prozentkreisen abzulesen (809 Fälle = 100 %). Zum Vergleich ist eine engschraffierte Windrose darübergelegt, welche die mittlere jährliche Verteilung der Höhenwinde in Nîmes darstellt. Sie zeigt einen breiten Sektor vorherrschender Winde zwischen 270° und 360°; schwach vertreten sind Winde von 060° bis 180°.

Die weitschraffierte Windrose der Waldbrandtage ist entschieden markanter mit ausgeprägtem Maximum bei 330° und Minimum bei 090°. Zwei Drittel aller Waldbrände sind entstanden bei Höhenwinden zwischen 300° und 360°.

Erinnern wir uns an die Tabelle der GWT, wo ebenfalls zwei Drittel der Brände bei den Typen West, Nordwest und Nord ausbrachen. Aus dieser Übereinstimmung ist zu folgern, daß auch beim GWT West eine nordwestliche Zirkulation über Mittelmeerfrankreich vorherrscht im Unterschied zur zonalen Westdrift über Mitteleuropa.

Korrekterweise muß man den bevorzugten Sektor von 300° - 360° um die Richtung 030° erweitern; denn die Station Nîmes liegt am westlichen Ausgang des Rhonetales, wo die Nordwinde eine nordöstliche Komponente haben.

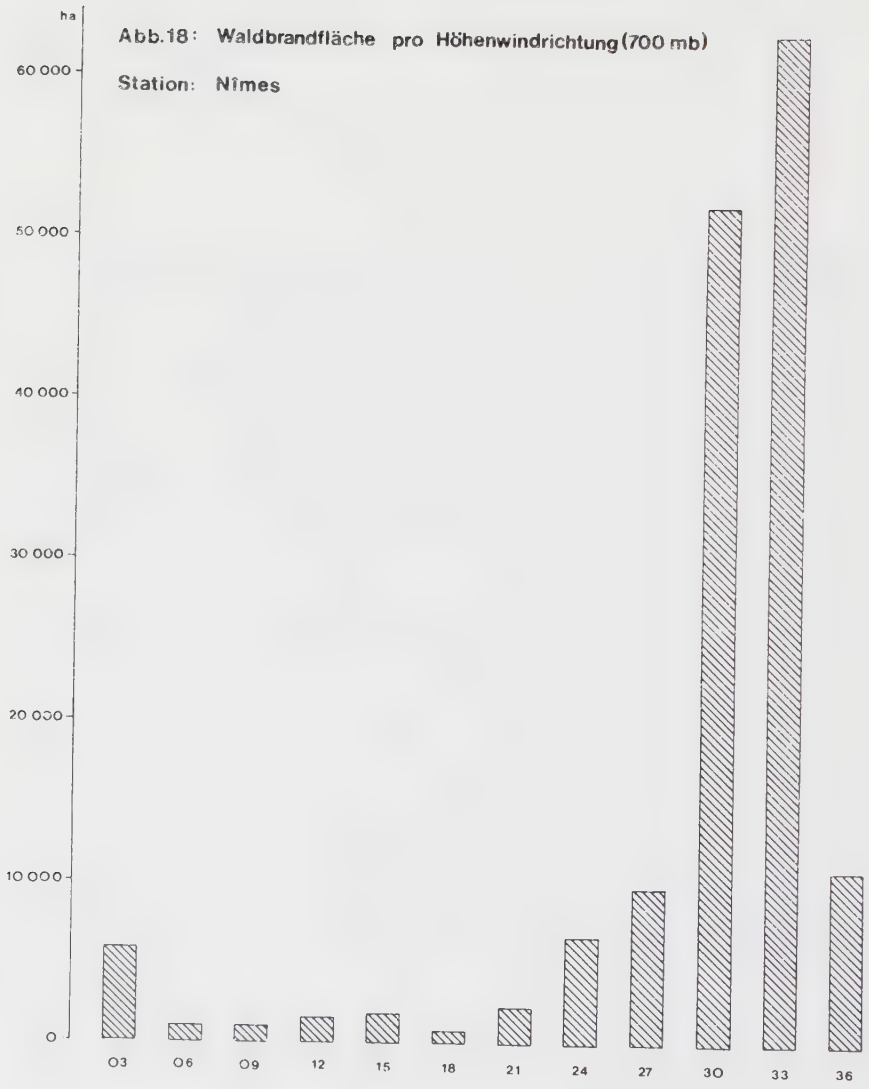
Addiert man die Waldbrände der Richtungen 300° - 030°, so erfaßt man 73 % aller Waldbrände; verbleibt ein Rest von Bränden, der hauptsächlich bei südwestlichen (240°) bis westlichen (270°) Höhenwinden aufgetreten ist.

Insgesamt gesehen geben die Höhenwindrichtungen ein klareres Bild von der Waldbrandhäufigkeit, als es die GWL vermitteln konnten.

Noch deutlicher wird das Bild, wenn wir statt der Häufigkeit die Ausdehnung betrachten (Abb. 18, S. 146). Aus den Säulen, von denen jede die abgebrannte Fläche pro Höhenwindrichtung darstellt, ragen zwei heraus: 300° und 330°. Auf ihr Konto gehen fast drei Viertel der gesamten Waldbrandfläche von 155 968 ha. Rechnet man die Flächen der Windrichtungen 270°,

Abb.18: Waldbrandfläche pro Höhenwindrichtung (700 mb)

Station: Nîmes



360° und 030°, die von ähnlicher Zirkulationsform sind, hinzu, erhält man neun Zehntel der Gesamtfläche.

Als Schlußfolgerung der Untersuchung über die Höhenwinde ist folgendes festzuhalten: Waldbrände treten bevorzugt bei Winden aus dem nordwestlichen Sektor auf; sie sind besonders ausgedehnt bei Winden aus den Richtungen 300° und 330°.

Worin liegt der Wert dieser Feststellung? - Die Kenntnis des Höhenwindes und der Großwetterlage dient im allgemeinen der mittel- und langfristigen Prognose. Angewandt auf unseren speziellen Fall: Für ein gegebenes Waldbrandrisiko (vgl. Regressionsanalyse) kann mit Hilfe von Höhenwind und GWL auf längere Sicht bestimmt werden, ob es bestehen bleibt, abnimmt oder wächst.

5.4.3 Exemplarische Behandlung eines Waldbrandes bei Mistrallage (15. - 17. Juli 1970)

Von den 809 Waldbränden soll der größte exemplarisch behandelt werden, weil zu vermuten ist, daß er am besten den klimatisch-meteorologischen Einfluß erkennen läßt.

Es ist dies der Brand vom 15. - 17. Juli 1970, der in den Maures 9 144 ha Wald an einem Stück vernichtete; unabhängig von ihm ereigneten sich in anderen Gegenden des Untersuchungsgebietes weitere Brände, so daß während der drei Tage insgesamt 13 000 ha abbrannten.

Vor der klimatologischen Untersuchung einige Notizen, welche die Schwere des Brandes widerspiegeln. Die Schlagzeilen der regionalen Presse lauteten:

16.7. Dramatique incendie (Brand) dans le Var: La forêt brûle sur près de 5 000 hectares. Les flammes ont atteint la mer entre Beauvallon et St. Tropez.

17.7. Huit mille hectares de forêt varoise dévastés par le feu.

18.7. Incendies: De gigantesques brasiers (Brände) continuent d'avancer sur 3 fronts dans le Var.

Wie uns Oberstleutnant HOURCASTAGNE, der als Chef der Protection Civile des Dep. Var den Kampf leitete, mitteilte, spottete die unbändige Feuersgewalt des massiven Einsatzes von Menschen und Maschinen. Tausend Feuerwehrmänner, z.T. aus der Dauphiné und dem Zentralmassiv angereist, Militär, Fremdenlegion, Waldarbeiter und zahllose Freiwillige kämpften vergebens; machtlos auch die Hubschrauber, Löschflugzeuge und 200 Fahrzeuge.

Die Abwehrmaßnahmen konnten die Katastrophe nicht aufhalten. 35 000 Personen wurden evakuiert, nicht leicht durchzuführen bei der Überfüllung während der Hauptsaison. Viele Touristen brachen vorzeitig ihren Urlaub ab, zum Leidwesen der Gemeinden, die vom Fremdenverkehr leben. Der Strom fiel aus, weil die Telegraphenmasten abbrannten; die Wasserversorgung brach zusammen, als die Plastikrohre schmolzen.

Der Schaden belief sich auf mehrere 100 Millionen Francs; sechs Maures-Gemeinden wurden durch ministeriellen Beschluß zum Katastrophengebiet erklärt.

Infolge eines anderen Waldbrandes kam der Verkehr an der Côte d'Azur zum Erliegen; die obere und mittlere Corniche waren blockiert.

Im Dep. Bouches-du-Rhône verkohlten Autofahrer in ihrem Wagen.

Nun zur klimatologischen Diagnose des Waldbrandes vom 15. - 17. Juli. Beginnen wir mit der Wasserreserve.

Ergiebige Niederschläge zu Beginn des Jahres, im Januar 277 mm, hielten den Boden im Mauresbergland bis Ende März gesättigt ($w = 150$ mm). Mit April, der lediglich 12 mm Regen brachte, begann die Wasserreserve zu fallen. Der Mai erhielt nur die Hälfte der normalen Niederschlagsmenge, so daß mäßige Trockenheit ($w \leqslant 100$ mm) einsetzte. Als dann im Juni nicht mehr als 16 mm Regen fielen und gleichzeitig eine überdurchschnittliche Mitteltemperatur ($20{,}2^{o}$) herrschte, sank die Wasserreserve auf Grund kräftiger Evapotranspiration auf 50 mm; am 29. Juni setzte starke Trockenheit ein. Der Juli brachte überhaupt keinen Tropfen Regen mehr, so daß die Wasserreserve am Waldbrandtag 31 mm betrug; sie stand unmittelbar vor der Schwelle zu sehr starker Trockenheit ($w \leqslant 30$ mm).

Betrachten wir jetzt die synoptische Situation (vgl. BULLETIN QUOTIDIEN D'ETUDES vom 12. - 17. Juli 1970). Zunächst die Vorgeschichte:

Es sei an dieser Stelle eingeschoben, daß der Französische Wetterdient zwei Organe publiziert, die dem 'Täglichen Wetterbericht' entsprechen; sie sind jedoch weniger umfangreich als das deutsche Amtsblatt.

- Das 'BULLETIN QUOTIDIEN DE RENSEIGNEMENTS' erscheint am Tage selbst. Es enthält die Vorhersage für die nächsten 24 Stunden.

- Das 'BULLETIN QUOTIDIEN D'ETUDES' wird nachträglich herausgegeben. Wegen seiner sauberen Situationsanalyse und der detaillierten Wiedergabe des Witterungsablaufes war es eine wertvolle Quelle für vorliegende Arbeit.

Am 12. Juli verläuft die atlantische Frontalzone von Kanada nach Skandinavien, während sich eine weite Zone hohen Drucks vom Atlantik über Mitteleuropa nach Rußland erstreckt (GWL: WA). In Frankreich herrscht heiteres, schwachwindiges Wetter mit Temperaturmaxima über 30°. Im Laufe des Tages entwickeln sich einige vorübergehende Cumuli. Vereinzelte Instabilitäten führen zu Gewittern, die keinen Niederschlag geben.

Die Witterung bleibt am 13. Juli im großen und ganzen bestehen; allerdings schwächt sich das Luftdruckfeld über Mitteleuropa zwischen der ozeanischen und kontinentalen Hochdruckzelle ab. In Frankreich ist weiterhin schönes Wetter mit Temperaturen über 30°. Über den Pyrenäen, den Alpen und über Korsika bilden sich Gewitter. Im Untersuchungsgebiet wehen schwache Winde aus unterschiedlichen Richtungen.

Am 14. Juli ändert sich die allgemeine Zirkulation. Auf der Rückseite eines Tiefs, das über Skandinavien liegt, dringt maritime Arktische Polarluft rasch nach Süden vor. Gleichzeitig steuert das Azorenhoch auf seiner Westflanke Tropikluft nach Nordosten. Die entgegengesetzten Vorstöße sind der Beginn einer meridionalen Zirkulation, welche an die Stelle der zonalen tritt.

Die Kaltfront, hinter der die Arktische Polarluft herankommt, zieht von der Kanalküste her über Frankreich. Sie reicht in der Nacht zum 15.7. vom Poitou über den Morvan zum Elsaß. Während in Südfrankreich noch Schönwetter herrscht, ist das Wetter in Nordfrankreich wechselhaft: Regenschauer, Aufheiterung, böige Nordwestwinde und Temperaturfall um einige Grad.

Nach der Vorgeschichte die Situation während der Waldbrandperiode:

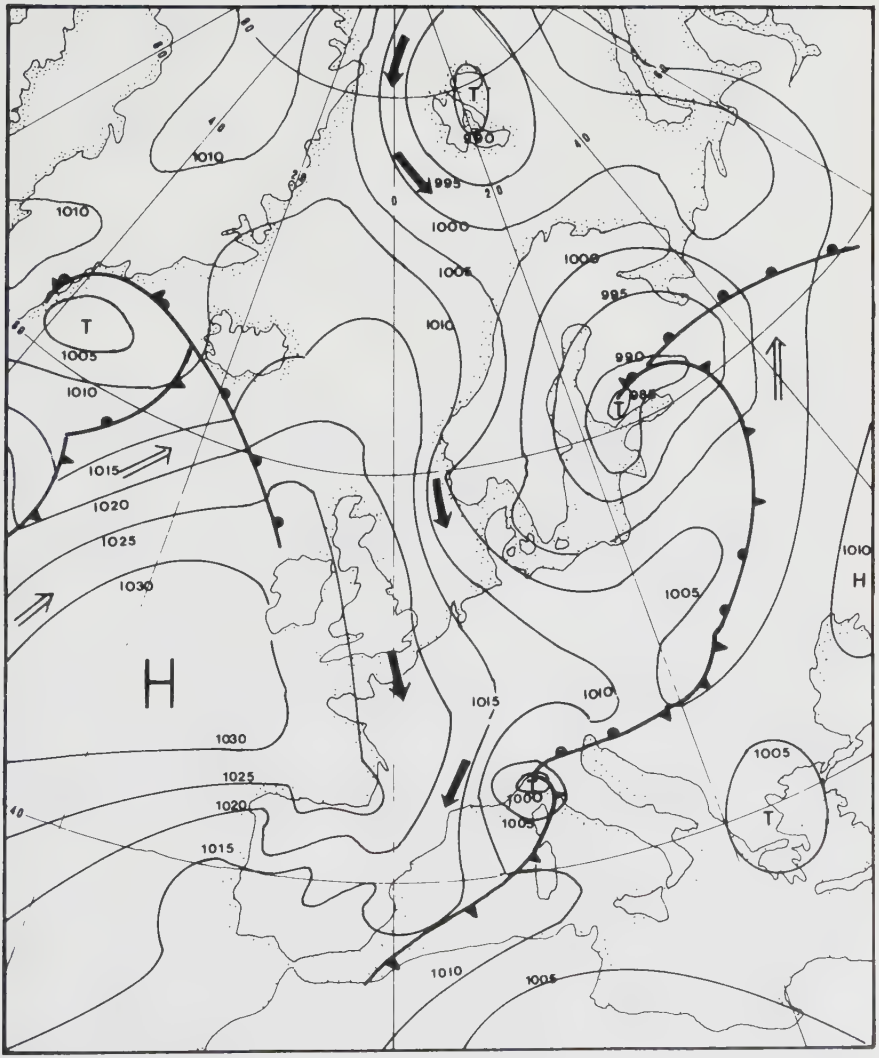
In der Höhe (500 mb) ist zwischen hohem Druck über dem Atlantik und Südrußland ein symmetrischer Trog zu erkennen, der kalte Meeresluft ins Mittelmeergebiet führt (GWL: TRM). In der hochreichenden Kaltluft bildet sich über der Poebene ein Kaltlufttropfen. Die Station Mailand registriert vom 15. Juli um 00 Uhr GMT zum 16. Juli um 00 Uhr GMT einen Temperatursturz von -11° auf -22° und eine Verringerung der relativen Topographie 500/1000 mb um 240 gpm.

Wie ist die Situation am Boden? (Karte 8, S. 151)
Die südwestlich von Irland gelegene quasistationäre Antizyklone ist durch einen Keil bis ins Europäische Nordmeer verlängert. Der hohe Luftdruck, der die von W anrückende Zyklonenfamilie bremst, lenkt auf seiner Ostflanke kalte Meeresluft über Westeuropa ins Mittelmeerbecken, wo sich an der Kaltfront über dem Genuagolf ein Tief bildet. Aus dem östlichen Mittelmeerraum dringt Warmluft nach Osteuropa vor (Vb-Zugbahn) und verursacht dort beim Aufgleiten auf die Kaltluft anhaltende Niederschläge.

Die skizzierte Situation bringt für Frankreich mit Ausnahme des Midi folgende Witterung:

Der 15. Juli ist durch die Kaltfrontpassage und anschließendes Rückseitenwetter geprägt. Die Mittagstemperaturen betragen 15° (!) in Paris und 16° (!) in Lyon. Gelegentlich unterbrechen Aufheiterungen die generelle Bewölkung. Schauer und Stauniederschläge fallen vom Atlantik bis zu den Vogesen.

Karte 8 **16. Juli 1970 00Uhr GMT**



In den höheren Lagen des Jura und der Alpen sind Schneefälle zu verzeichnen; eine Schneedecke von 30 cm liegt auf den Alpenpässen. Die Nordwest- und Nordwinde sind mäßig im Landesinnern, stürmisch an der Kanal- und Atlantikküste.

Wie ist das Wetter im Midi? Karte 9 (S. 153), eine vereinfachte Wiedergabe der Arbeitswetterkarte des Wetteramtes Marignane, zeigt die Situation um 12 Uhr GMT, eine Stunde vor Beginn des Waldbrandes.

Beeindruckend ist das westöstliche Luftdruckgefälle von 1015 auf 995 mb. Die Tiefdruckzentren liegen im Genuagolf (994,6 mb in Menton) und in der Poebene (994,7 mb in Mailand).

Aus dem starken Luftdruckgefälle resultieren heftige Winde, Tramontane und Mistral; am Cap Ferrat und am Cap Corse erreicht der Mistral 50 Knoten und mehr.

Die Winde wehen im Languedoc-Roussillon und in der westlichen Provence aus NW bis W; mit Annäherung an das Tief erfolgt eine zyklonale Drehung, so daß sie auf Korsika aus SW wehen.

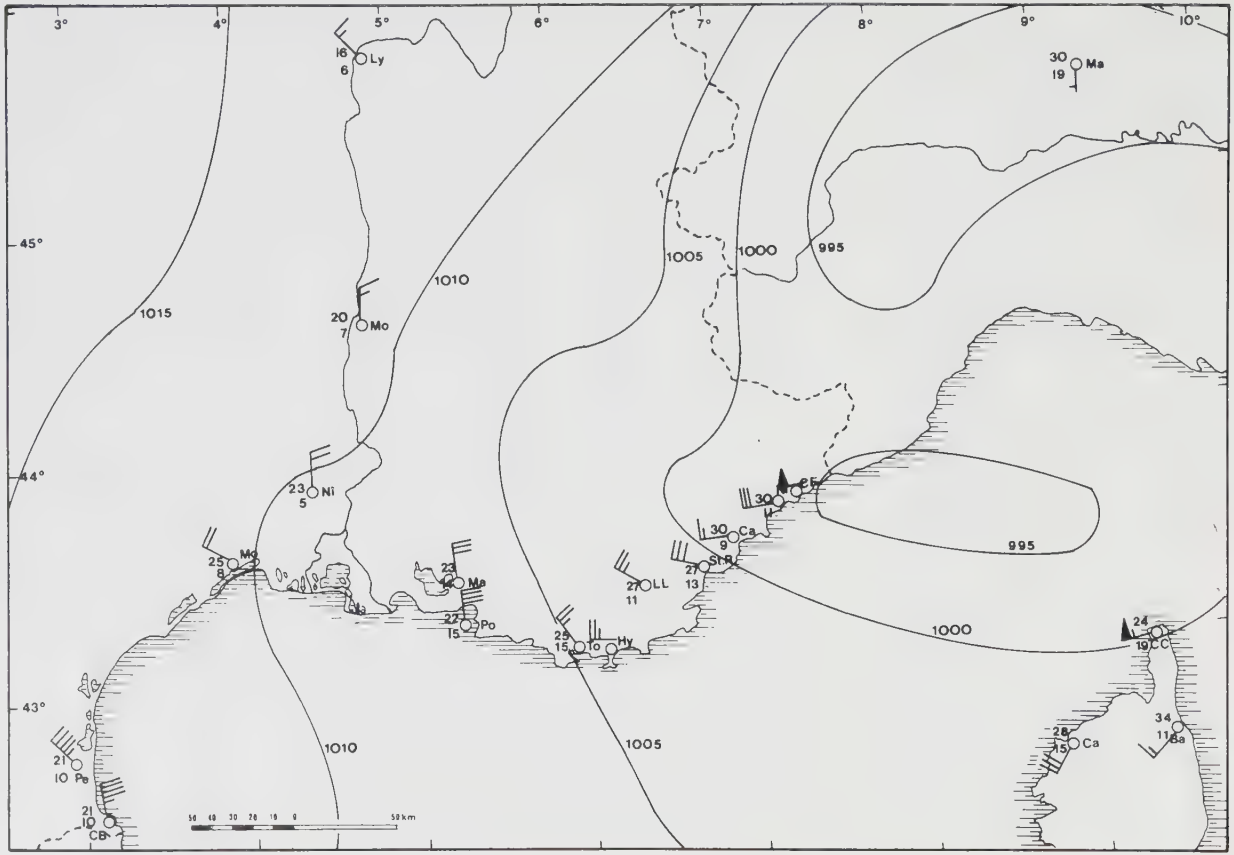
Es ist wichtig festzustellen, daß der gesamte Midi von der spanischen bis zur italienischen Grenze von Tramontane und Mistral beherrscht wird; die Côte d'Azur bleibt nicht vom Mistral verschont. Daher brechen auch im gesamten Midi, vom Dep. Pyrénées-Orientales bis zum Dep. Alpes-Maritimes und zum Dep. Corse, Waldbrände aus.

Wenn wir nun die Temperaturen betrachten, fallen uns zwei Besonderheiten auf:

- Die Temperaturen bewegen sich im Untersuchungsgebiet zwischen 23° und 30° und sind entschieden höher als die von Lyon (16°) und Paris (15°). Übrigens erlebte die Station Paris-Montsouris am folgenden Tag einen Kälterekord: die tx von 16,7° war die niedrigste Höchsttemperatur, die je an einem 16. Juli seit Errichtung der Station (1873) gemessen wurde.

Karte 9

15. Juli 1970 12 Uhr GMT



- Die Temperaturen nehmen innerhalb des Untersuchungsgebietes von Westen nach Osten progressiv zu. In Marignane ist der Kaltlufteinbruch, wenn auch gemildert im Vergleich zum außermediterranen Frankreich, noch spürbar; die Mittagstemperatur von 23° liegt unter der mittleren Mittagstemperatur des Juli von 27,5°. In Nizza hingegen muß man von einem Wärmeschwall sprechen, der die Mittagstemperatur, die im Juli normalerweise 25,5° beträgt, auf 30° anhebt. Am frühen Nachmittag wurde sogar eine tx von 31,6° gemessen und damit die absolut höchste Temperatur der Station Nizza im Jahre 1970.

Betrachten wir anschließend die Taupunktstemperaturen und -differenzen. Sie bestätigen den von West nach Ost wachsenden Föhneffekt.

In Marignane beträgt die Differenz 9°; in Cannes und Nizza beträgt sie 21° und 19°. (Der extreme Wert von Cannes erklärt sich aus der Lage der Station Cannes-Mandelieu unmittelbar unter dem Estérel.)

Errechnet man aus Temperatur und Taupunktstemperatur unter Zuhilfenahme des Sättigungsdampfdrucks die relative Luftfeuchtigkeit, ergeben sich für die Stationen Marignane, Toulon, Hyères, St. Raphael, Le Luc, Nizza und Cannes folgende Werte: 57 %, 54 %, 51 %, 42 %, 37 %, 31 % und 27 %. Es ist also eine von West nach Ost fortschreitende Trockenheit der Luft zu verzeichnen.

Eine weitere Charakterisierung des Wetters am 15. Juli gibt uns das Resümee der Station St. Raphael, die dem Orte des Waldbrandes am nächsten liegt:

"... peu nuageux à clair, insolation continue (14,2 h), air limpide, visibilité excellente (40 - 70 km), W fort à violent, rafales tempétueuses."

Das Wetter im Untersuchungsgebiet ist also anders als im nichtmediterranen Frankreich. Die eingebrochene Kaltluft

erfährt bei ihrem Abstieg ins Mittelmeerbecken eine Umwandlung, die um so ausgeprägter ist, je weiter wir von der Rhone zur Côte d'Azur schreiten.

Auch im übrigen Midi ist zu erkennen, wie sich die Luftmassen verändert haben.

In Nîmes ist der Einfluß des Cevennenabfalls spürbar: die relative Luftfeuchtigkeit beträgt 31 %.

In Bastia hebt der Mistral, der als SW-Wind über das Gebirge (2 710 m) in die Küstenebene fällt, die Mittagstemperatur auf 34° und senkt die relative Luftfeuchtigkeit auf 25 %.

Wie ist das Wetter am folgenden Waldbrandtag, dem 16. Juli? Da die Zirkulation sich wenig ändert - Andauer der Troglage - herrscht ähnliches Wetter wie am Vortage: wolkig bis bedeckt, vereinzelte Niederschläge und zu niedrige Temperaturen im außermediterranen Frankreich - wolkenlos, sonnig und stürmisch im Midi.

Karte 10 (S. 156) gibt Auskunft über die synoptische Situation im mediterranen Frankreich:

Tramontane und Mistral fahren fort, mit unverminderter Heftigkeit zu blasen. Auf der Marseille vorgelagerten Insel Pomègues erreicht der Mistral eine Geschwindigkeit von 50 Knoten.

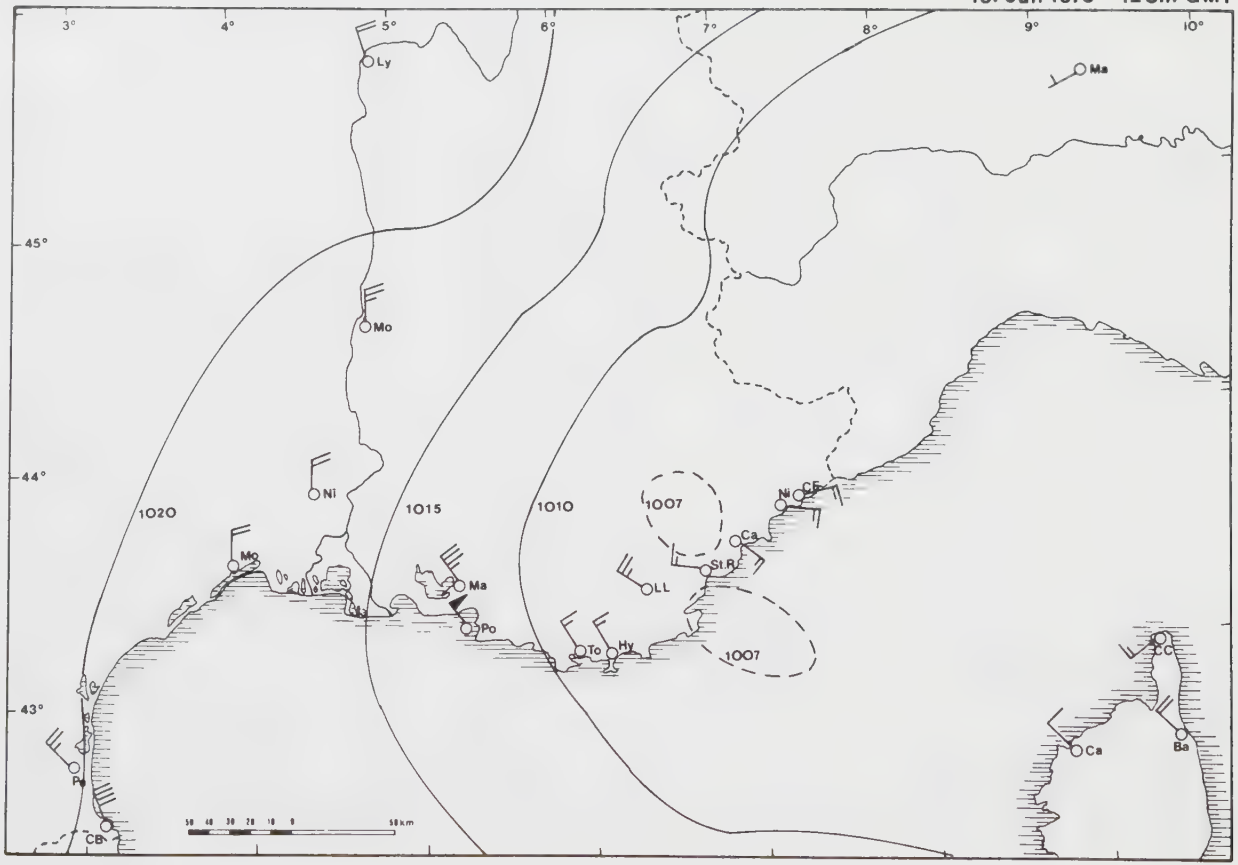
Aber der Einzugsbereich des Mistrals ist zurückgegangen, da sich die Tiefdruckgebiete aufgefüllt oder verlagert haben. Die Zentren tiefen Drucks liegen nördlich und südlich von St. Raphael, so daß der Mistral dort seine Grenze findet. An der Côte d'Azur wehen Südost- und Ostwinde.

Die Grenze der Mistralausdehnung ist von entscheidender Bedeutung für die Waldbrände:

- Im Dep. Alpes-Maritimes ist die Gefahr gedämmt; die Feuer können gelöscht werden.
- In den Dep. Bouches-du-Rhône und Var facht der Mistral ununterbrochen die Waldbrände an. Der Großbrand in den

Karte 10

16. Juli 1970 12 Uhr GMT



Maures kann nicht bezwungen werden. Im Dep. Bouches-du-Rhône, wo die mittlere Windgeschwindigkeit höher als am Vortage ist, entstehen vier neue Brände.

An dieser Stelle kann die im Kapitel 4 aufgeworfene Frage beantwortet werden, warum die durchschnittliche Brandfläche im Dep. Alpes-Maritimes kleiner ist als in dem geringer bewaldeten Dep. Bouches-du-Rhône. Es liegt daran, daß östlich von St. Raphael das Mistralregime meistens von kürzerer Dauer ist.

Am dritten Waldbrandtag, dem 17. Juli, bietet sich folgende Situation (Karte 11, S. 158):

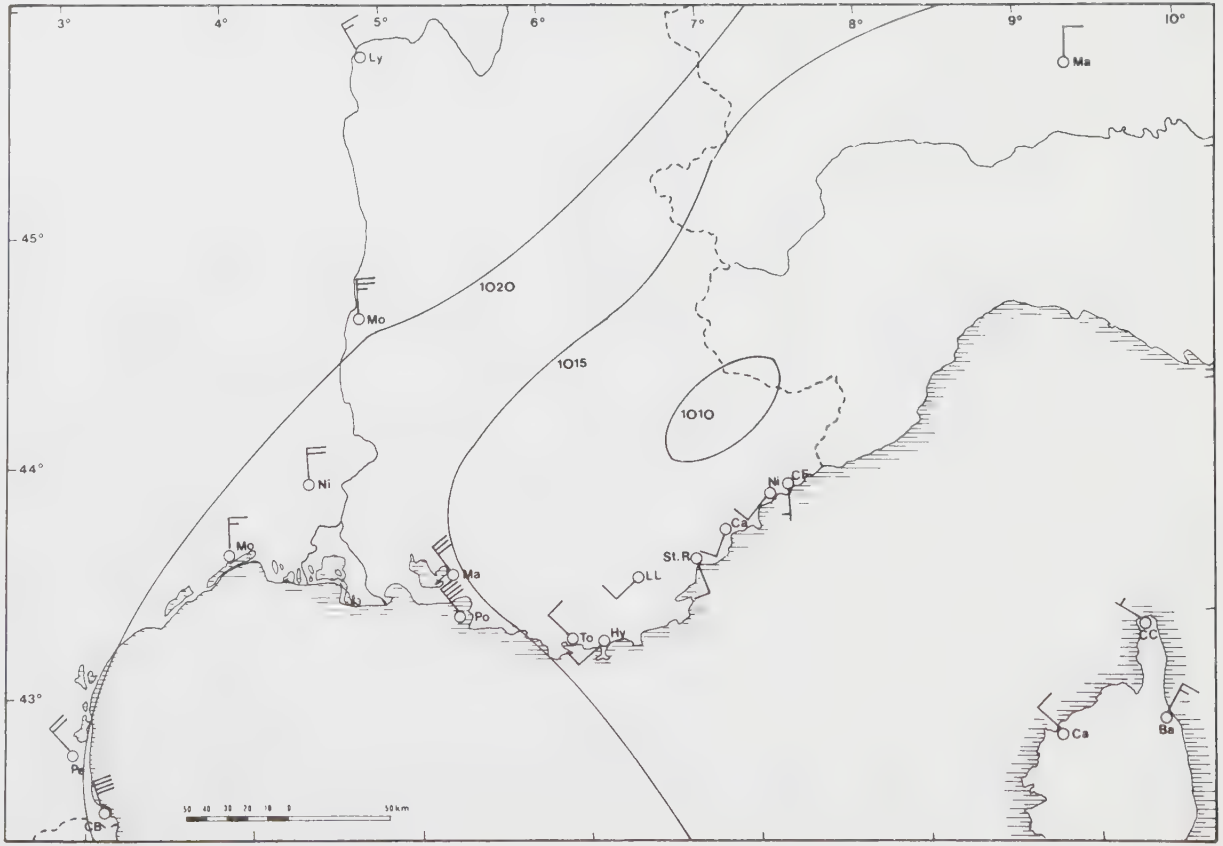
Der Luftdruck ist über dem Genuagolf erneut gestiegen; ein barometrisches Minimum befindet sich über den Seealpen. Der Mistral ist weiterhin zurückgewichen; reicht er noch um 9 Uhr GMT bis nach St. Raphael, beschränkt er sich um 12 Uhr GMT auf das Rhonetal und das Dep. Bouches-du-Rhône, wo zwei neue Waldbrände ausbrechen.

Der Großbrand in den Maures geht dem Ende entgegen; allerdings erleiden drei Offiziere, durch den plötzlichen Windwechsel vom Feuer eingeschlossen, lebensgefährliche Verbrennungen.

Die aufgezeigte Waldbrandwetterlage vom 15. bis 17. Juli 1970 kann als Musterbeispiel gelten; alle anderen 29 Waldbrände, die 1 000 ha erreicht oder überschritten haben, ereigneten sich unter ähnlichen Bedingungen. (Es stimmt, daß einer von ihnen nicht in das Schema passen will; schon an anderer Stelle wurde bezweifelt, ob er in der benutzten Quelle unter dem richtigen Datum aufgeführt ist.)

Karte 11

17. Juli 1970 12 UhrGMT



5.4.4 Waldbrände während des Winters in der Hochprovence

Eine nicht geringe Anzahl von Waldbränden fällt in den Winter, der hier die Monate November bis Februar umfassen soll. Es ereigneten sich im Untersuchungsjahrzehnt 8 Waldbrände im November, 13 im Dezember, 14 im Januar und 65 (!) im Februar. Wenn auch die Brandflächen klein sind - sie bleiben in der Regel unter 100 ha - erscheint es dennoch merkwürdig, daß Waldbrände im feuchten Winter vorkommen.

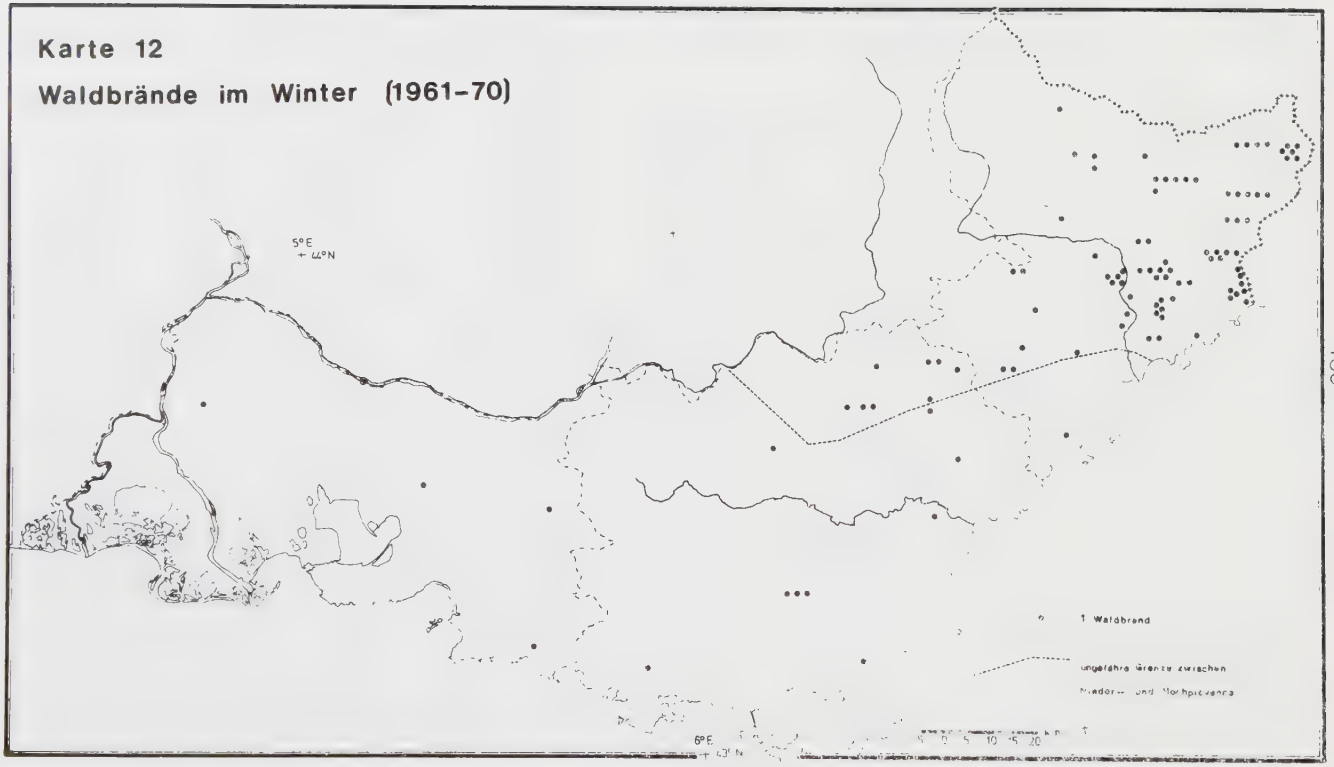
Merkwürdig erscheint auch die räumliche Verteilung der Waldbrände, abgebildet auf Karte 12 (S. 160). Nicht die Rote Zone, nicht die übrige eu- und submediterrane Niederprovence, sondern die montane und subalpine Hochprovence ist Schauplatz der Waldbrände.

Es erhebt sich die Frage, ob der Parameter 'Wasserreserve', der bislang zusammen mit dem Wind recht gut die Waldbrände erklärte, auch für die Winterwaldbrände der Hochprovence gültig ist.

Wahrscheinlich nicht, denn gerade in der Hochprovence fallen von November bis Februar ergiebige Niederschläge (ungefähr 440 mm), die den Boden ständig mit Wasser tränken. Außerdem sind die Temperaturen so niedrig, daß die Evapotranspiration minimal ist.

Ein anderer Parameter ist notwendig, um die Winterwaldbrände zu erklären: In der Hochprovence sinken die täglichen Temperaturminima, zumindest im Januar und Februar, regelmäßig unter den Gefrierpunkt. Der Frost unterbricht die Vegetationsperiode; es tritt eine biologische Ruhezeit ein. Diese klimatisch-physiologisch bedingte Frosttrockenheit ist es, die als Ursache für die Winterwaldbrände in der Hochprovence angesehen werden muß.

Hinzu kommt, daß im Winter die annuellen Pflanzen tot sind und somit das trockene Brennmaterial vermehren.


Karte 12
Waldbrände im Winter (1961–70)
5°E
+ 47°N
6°E
+ 43° N
1 Waldbrand

Umgekehrt in der Niederprovence. Dort geht das Wachstum während des frostarmen Winters weiter und wird erst im Sommer durch die Trockenheit unterbrochen. (Diese sommerliche Trockenheit konnte an Hand der Wasserreserve leicht bestimmt werden.) Folglich sind hier Waldbrände im Winter äußerst selten, im Sommer um so häufiger.

Es besteht ein weiterer klimageographischer Unterschied zwischen den Winterwaldbränden der Hochprovence und den 'normalen' Waldbränden im übrigen Untersuchungsgebiet.

Wiederholt ist angeklungen, daß der Mistral, entscheidender Faktor neben der Trockenheit, im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes, d.h. in der Hochprovence einschließlich der Côte d'Azur, gern als Föhn weht.

Da nun im Winter, wenn Tiefdruck über dem Mittelmeer herrscht, häufig Winde aus dem nordwestlichen Quadranten wehen, liegt die Vermutung nahe, daß Föhneffekte für die Winterwaldbrände im Dep. Alpes-Maritimes eine besondere Rolle spielen.

Der Alpennordföhn - als solcher kann der Mistral im Dep. Alpes-Maritimes mit Fug und Recht angesehen werden - wird in der Literatur stiefmütterlich behandelt, obwohl Nordlagen über den Alpen häufiger sind als Südlagen. FICKER und RUDDER (1948) sehen den Grund für die geringe Beachtung darin, daß die Temperaturerhöhung bei Nordföhn geringer ist als bei Südföhn. Die Abnahme der Luftfeuchtigkeit dürfte aber bei Nordföhn größer sein als bei Südföhn, weil die Strömung vom kalten ins warme Gebiet führt.

Da sich nun die Luftfeuchtigkeit und nicht die Temperatur als wichtiges Kriterium für Waldbrände erwiesen hat, verdient der Alpennordföhn unsere besondere Beachtung.

Arbeiten über den Nordföhn in den französischen Alpen existieren nicht; der folgende Abschnitt stützt sich auf Auskünfte des Stationsleiters von Nizza, Herrn BASSET-TERUSSE.

Die Föhnlagen lassen sich auf drei Grundtypen zurückführen, die nach Richtung des Windes 'Nordwestföhn', 'Nordföhn' und 'Nordostföhn' genannt werden; die Parallelität zu den drei Mistraltypen (S. 81) ist offensichtlich.

Den drei Föhnlagen gemeinsam ist eine kräftige nordwestliche Höhenströmung, deren Geschwindigkeit im 500 mb-Niveau etwa

50 kn beträgt; in 10 km-Höhe überquert ein Strahlstrom aus NW - N die Alpen, wie italienische Piloten festgestellt haben (ROVESTI 1964).

Waldbrände bei Nordwestföhn sind am häufigsten; ein krasses Beispiel gibt der 16. Dezember 1962, der am frühen Vormittag zwei Waldbrände in den Voralpen von Nizza und an der Côte d'Azur erlebte.

Die synoptische Situation wird durch ein kräftiges, seit Tagen unverändertes Azorenhoch bestimmt, das einen Keil nach Norden schickt. In einer nordwestlichen Strömung wandern die Störungen zum europäischen Kontinent.

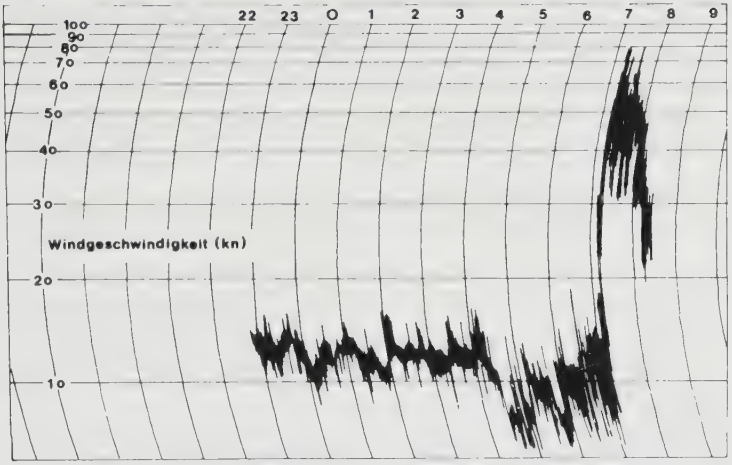
Um 6 Uhr GMT erreicht eine Kaltfront die Provence; gegen 7 Uhr passiert sie Nizza, wie der Druckfall auf 991,2 mb ankündigt. Gleichzeitig erleben wir eine abrupte Veränderung von Wind, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Sichtweite (Abb. 19, S. 163).

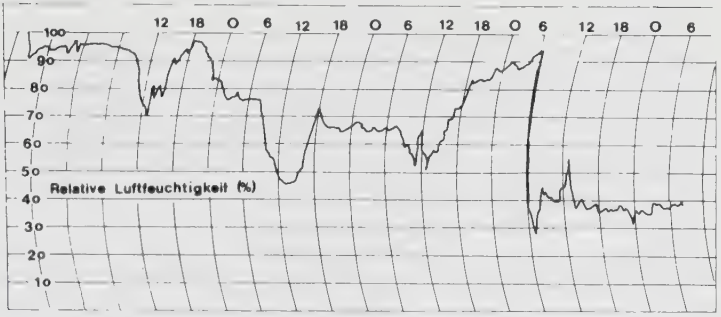
- Die 'brise du Var', die kontinuierlich aus der Richtung 360° mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 kn geweht hatte, hält ein. Sie wird abgelöst durch einen Sturm aus 300° bis 320° mit einer Spitzengeschwindigkeit von 80 kn.
- Die relative Luftfeuchtigkeit, sie lag gegen 6 Uhr GMT bei 94 %, fällt um 66 % auf 28 %.
- Gleichzeitig steigt die Temperatur von 4,4° um 16,9° auf 21,3°.
- Die Sichtweite verbessert sich schlagartig von 15 km auf 40 km.
- Charakteristisch ist auch die Bewölkung über der Côte d'Azur: Altocumulus lenticularis.

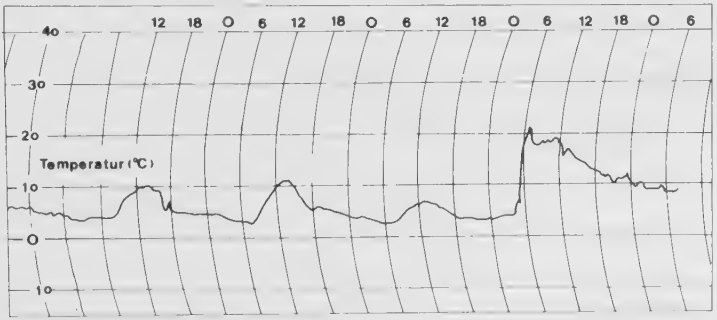
Freilich sind solche brutalen Föhnwirkungen Ausnahmeerscheinungen, in gemilderter Form sind sie jedoch häufig im Dep. Alpes-Maritimes (LOUIS 1962).

Abb. 19: Nordwestföhn vom 16. Dezember 1962

Station: Nizza







Am 14. Februar 1962 brachen zwei Waldbrände in den Voralpen von Nizza und ein weiterer im N-S (!) gerichteten Vartal aus, begünstigt durch einen heftigen Nordföhn:

Zwischen einer meridionalen Hochdruckachse über dem nahen Atlantik und einem Tiefdrucksystem von der Barentsee bis zur Adria führt eine kräftige Nordströmung Arktische Polarluft bis ins Mittelmeer.

Daß bei der niedrigen Ausgangstemperatur dieser Luftmassen keine Temperaturerhöhung im Lee der Alpen eintritt, ist verständlich. Immerhin ist die trockendiabatische Erwärmung beim Abstieg so groß, daß in Nizza die Mittagstemperatur 11^{o} beträgt. Auf der Alpennordseite, in Zürich, wird -1^{o} gemessen.

Die Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit ist größer als beim NW-Föhn; die un fällt auf 10 %.

Enorm ist auch hier die Windgeschwindigkeit von 44 kn.

Am 27. Janaur 1963 ereigneten sich zwei Waldbrände bei Nordostföhn. Es ist bemerkenswert, daß die Brände in den Tälern von Var und Roya ausbrachen; die nordsüdgerichteten Täler des Dep. Alpes-Maritimes scheinen besonders unter dem Föhneinfluß zu stehen.

Bei einer mächtigen Hochdruckbrücke von den Britischen Inseln bis Rußland und Tiefdruck über dem Tyrrhenischen Meer fließt kontinentale Kaltluft über die Alpen ins Mittelmeerbecken. In Nizza weht ein Föhn aus der Richtung 060^{o} mit einer Geschwindigkeit von 62 kn. Eine Temperaturerhöhung ist ebensowenig zu verzeichnen wie beim vorausgegangenen Typ, dafür sinkt die relative Luftfeuchtigkeit noch tiefer: auf 9 %.

Von sekundärer Bedeutung für die Waldbrände, aber klimageographisch interessant, ist ein Vergleich der drei Föhntypen (wobei selbstverständlich außer den zitierten Beispielen weitere Fälle einbezogen sind).

- Der NW-Föhn hebt die Temperatur merklich an und senkt die relative Luftfeuchtigkeit auf 20 % bis 30 %, also nicht sehr tief.
- Beim N-Föhn ist nur manchmal ein Temperaturanstieg zu registrieren; die Feuchtigkeit fällt in der Regel auf 10 % bis 20 %.
- Der NE-Föhn führt zur Temperaturerniedrigung; die relative Luftfeuchtigkeit erreicht Tiefstwerte zwischen 0 % und 10 %.

Auch in anderen Teilen der Erde sind Föhnwinde wegen der Waldbrandgefahr gefürchtet. Neben den bekannten Erscheinungen aus den Alpenländern sind die Föhnwinde Nordamerikas zu nennen, Chinook, East Wind, Mono Wind und Santa Ana, welche die Brände in den Felsengebirgs- und Pazifikstaaten entfachen (U.S.Dep.Agric. 1970). Am gefährlichsten scheint die Santa Ana zu sein, die im September 1970 in Südkalifornien einen Waldbrand auf 2 000 km^2 ausdehnte (ELLIS 1971).

In Mittelamerika, so schreibt WAIBEL (1938), veranlassen Northers Waldbrände, und zwar auf der pazifischen Abdachung, wo sie als Föhn wehen. (Die Parallelität zwischen Norther und Mistral ist nicht zu übersehen. Beide Winde sind Polarluftausbrüche, beide verändern ihre Eigenschaften nach dem Überschreiten der Gebirge.)

Selbst in den äquatorialen Anden können Föhnwinde, die von Osten über die Kordilleren wehen, auf der Westflanke Waldbrände hervorrufen (LOPEZ 1967).

Im vorausgegangenen Kapitel wurde versucht, Kenntnisse zu gewinnen über den Einfluß des Klimas auf die Waldbrände in der südlichen Provence. Damit ist ein erster Schritt im Kampf gegen die Waldbrände getan; über mögliche Verteidigungsmaßnahmen unterrichtet das folgende Kapitel.

6 MASSNAHMEN ZUM SCHUTZ UND ZUR WIEDERHERSTELLUNG DES WALDES

6.1 Die Gesetzgebung

Es bedurfte erst der Waldbrandkatastrophen von 1962, 1964 und 1965 in Le Muy, Fréjus und Bormes-les-Mimosas, bis der Schutz des provenzalischen Waldes als nationale Aufgabe angesehen wurde.

Im Sommer 1966 verabschiedete die Nationalversammlung die 'loi méditerranéenne' oder, wie es amtlich heißt, die 'loi n° 66 - 505 du 12 juillet 1966'.

Das Gesetz liefert die Grundlage für eine Reihe von polzeilichen Maßnahmen, welche die Anzahl und die Anlässe der Waldbrände verringern sollen. So wird es den Präfekten der mediterranen Departements anheimgestellt, entsprechende Verfügungen zu erlassen:

Mesures de police.
"Le préfet peut ... édicter toutes mesures de nature à assurer la prévention des incendies de forêts (Waldbrände), à faciliter la lutte (Kampf) contre ces incendies et à en limiter les conséquences."

Betrachten wir am Beispiel des Dep. Var die präfektoralen Verfügungen im einzelnen (Arrêté préfectoral du 1er mars 1971).

- Der Gebrauch des Feuers wird reglementiert: 200 m Mindestentfernung eines Feuers vom Rand des Waldes; Verbot, Zigarettenstummel aus dem Autofenster zu werfen; Rauchverbot im Wald.
- Die Straßenränder müssen von Gestrüpp befreit werden. Auch in der Nähe von Häusern, Fabriken etc. ist tote und leicht entflammbare Vegetation zu entfernen.
- Jeglicher Abfall darf nur auf öffentlichen Mülldeponien abgeladen und verbrannt werden.

- Die Bewirtschaftung des Waldes längs der Straßen unterliegt in einer Tiefe von 50 m besonderen Bestimmungen: es dürfen keine Nadelhölzer angepflanzt werden; natürliche Verjüngungen sind zu elimieren. Ausnahmen bilden hochstämmige Schirmpinien, die aus ästhetischen Gründen zu erhalten sind.
  Niederwälder sollen nach und nach in Hochwälder überführt werden.
  Das Schlagen von Laubhölzern, insbesondere von Steineichen, Flaumeichen und Eßkastanien ist untersagt; kranke Bäume dürfen erst nach Genehmigung durch die Landwirtschaftsdirektion gefällt werden. Korkeichen dürfen frühestens alle 10 Jahre geschält werden; dabei ist jeder zweite Baum auszusparen.

- Die Beweidung abgebrannter Flächen ist für die Dauer von 10 Jahren nach dem Brand verboten. (Diese Bestimmung wendet sich gegen die Hirten, die Wälder und Strauchformationen in Brand stecken, um für ihre Herden frisches Grün zu bekommen.)

Ferner schafft die 'loi méditerranéenne' die Gesetzesgrundlage zur Durchführung von Abwehrmaßnahmen und Schutzeinrichtungen:

Mesures d'aménagement et d'équipement.
"La protection et la reconstitution des massifs forestiers particulièrement exposés aux incendies (Waldbrände) sont notamment assurées au moyen de travaux d'aménagement et d'équipement ...
Dans les massifs forestiers situés dans les circonscriptions d'action régionale "Provence, Côte d'Azur, Corse" et "Languedoc" ... où l'importance des incendies et leur fréquence ainsi que la gravité de leurs conséquences sont telles que la sécurité puplique peut-être compromise ou que les sols et les peuplements forestiers sont menacés de dégradation, les travaux d'aménagement et d'équipement nécessaires pour prévenir les incendies, en limiter les conséquences et reconstituer la forêt sont déclarés d' utilité puplique ..."

Es werden also für die Waldgebiete, in denen die öffentliche Sicherheit gefährdet ist oder die Böden und Forstbestände degradieren, Schutzmaßnahmen angeordnet.

Diese Maßnahmen können als 'öffentliches Interesse' deklariert werden, was bedeutet, daß der Staat die Kosten trägt. 'Öffentliches Interesse' bedeutet aber auch, daß private Waldbesitzer enteignet werden können.

6.2 Wachttürme und Patrouillen

Vorrangige Bedeutung im Kampf gegen die Waldbrände hat die Detektion. Ein frühzeitig entdecktes Feuer ist ohne Aufwand zu löschen; ist es aber unbemerkt zur vollen Entwicklung gelangt,kann es nur unter großen Anstrengungen bekämpft werden.

Um die Wälder der südlichen Provence zu überwachen, legt man ein Netz von Wachttürmen an; in den nächsten Jahren werden zwanzig fertiggestellt sein. Zusätzliche Schützenhilfe leisten die Wachtposten in den Leuchttürmen der Marine, wenn auch nur für die küstennahen Wälder. Der Ausblick von den Türmen wird jedoch durch das bewegte Relief eingeschränkt. Besonders im Dep. Alpes-Maritimes mit seinen versperrenden Gebirgen und tiefeingeschnittenen Tälern bleiben weite Areale verborgen.

Die Wachttürme ähneln einander in Anlage und Aufbau, so daß hier nur einer, der durch wiederholte Besuche vertraute 'Grand Puech' (Dep. B.d.Rh.) exemplarisch beschrieben wird (Bilder 19 und 20, S. 231):

In langgezogenen Serpentinen windet sich der unbefestigte, für den öffentlichen Verkehr gesperrte Weg den 786 m hohen Berg hinauf. Von oben hat man ein herrliches Panorama: im Nordwesten erstreckt sich das Becken von Aix-en-Provence, nach Südwesten geht der Blick über Marseille auf das Mittel-

meer, im nordöstlichen und südöstlichen Quadranten wird der Horizont durch Bergländer des Dep. Var begrenzt, die von scheinbar endlosen Wäldern bedeckt sind.

Das Gebäude ist relativ komfortabel eingerichtet. Umständlich ist allerdings die Wasserversorgung; alle zwei Wochen wird das Reservoir durch die Feuerwehr aufgefüllt.

Im oberen Teil des Turmes befindet sich der Beobachtungsraum, der von Frühjahr bis Herbst Tag und Nacht besetzt ist. Die Wache hat die Aufgabe, im Fernrohr unablässig die Wälder zu beobachten. Wird ein verdächtiger Rauch sichtbar, ist zunächst ein benachbarter Wachtposten per Funk zu verständigen. Beide Posten visieren gemeinsam die Brandstelle an, lesen auf dem Diopter den Winkel ab und bestimmen durch einfache Triangulation das Planquadrat der Brandfläche. Sodann wird die Zentralstelle der departementalen Feuerwehr alarmiert.

Einige Wachttürme haben neben der Detektion von Waldbränden zusätzliche Funktionen. Sie dienen gleichzeitig dem Funkverkehr der Feuerwehr als Relaisstation. Bisweilen ist es nämlich unmöglich, in dem reliefierten Gelände eine direkte Verbindung zwischen Zentralstelle und kämpfender Truppe herzustellen, so daß die hochgelegenen Wachstationen die Vermittlung übernehmen müssen.

In den nächsten Jahren wird eine dritte Aufgabe den Wachstationen obliegen: mit meteorologischen Instrumenten, insbesondere mit Anemometer und Hygrometer ausgestattet, sollen sie das Netz der meteorologischen Stationen verdichten, das gerade in den Waldgebieten lückenhaft ist. Vielleicht wird dadurch eine feinere Einschätzung der Waldbrandgefahr möglich sein.

Die dreifache Funktion macht die Wachttürme zu wichtigen Stützpunkten in der Infrastruktur zur Verteidigung des provenzalischen Waldes.

Außer den festen Wachttürmen in der Art des 'Grand Puech' gibt es mobile Wachstationen: Wohnwagen, die während der Brandsaison auf Pässen und Bergkuppen geparkt sind. Von Zeit zu Zeit wechseln sie ihren Platz, um zu testen, welcher Standort die beste Aussicht bietet. Wenn im Laufe der kommenden Jahre die optimalen und endgültigen Aussichtspunkte gefunden sind, werden die Wohnwagen durch ortsfeste Wachttürme ersetzt.

Eine wertvolle Ergänzung zu den Wachttürmen sind die Patrouillen (Bild 24, S. 233), von denen achtzehn im Untersuchungsgebiet zirkulieren. Jede von ihnen - sie besteht jeweils aus einem Forstbeamten und einem Feuerwehrmann - hat ihren bestimmten Sektor, den sie tagtäglich auf einer festgelegten Route durchfährt. An den Stellen, die von den Wachttürmen nicht einzusehen sind, verweilt sie, um nach Rauch bzw. Feuer Ausschau zu halten. Kleinere Feuer können dank der mitgeführten Feuerlöschgeräte im Keim erstickt werden; bei größeren Bränden wird die Zentralstelle benachrichtigt.

Alle Patrouillen stehen in Funkkontakt mit den Wachttürmen und der Zentrale, denen sie stündlich ihre Koordinaten durchgeben. So kann ein Wachtturm, sobald er einen suspekten Rauch ausmacht, die nächstbefindliche Patrouille dorthin beordern. Ebenso kann die Zentralstelle der jeweiligen Patrouille auftragen, die heranrückende Feuerwehr auf schnellstem Wege zum Orte des Waldbrandes zu führen.

Zu den weiteren Aufgaben der Patrouillen gehört es, den Wasserstand in den Zisternen zu kontrollieren und die Müll-deponien zu überwachen. Außerdem sind sie beauftragt, für die Einhaltung der präfektoralen Erlasse (s.o.) zu sorgen und notfalls einzuschreiten. Eine letzte wichtige Mission ist es, die Öffentlichkeit über Waldbrände zu informieren: sie stationieren ihre Fahrzeuge auf Strandpromenaden, Campingplätzen, Geschäftsstraßen und an anderen Stellen,

wo viele Menschen anzusprechen sind. Durch Abspielen von Tonbändern und mündliche Kommentare klären sie das Publikum auf, das sich größtenteils aus nichtmediterranen Touristen zusammensetzt, die weder die Brennbereitschaft des provenzalischen Waldes noch die Eigenarten des mediterranen Klimas kennen. Um die Aufklärungskampagnen attraktiv zu gestalten, verteilen die Patrouillen kleine Geschenke wie Bälle, Trikots, Parkscheiben, Kugelschreiber, Schlüsselanhänger, Abziehbilder, Wanderkarten, Mützen etc., die alle mit Ermahnungen zum Schutz des provenzalischen Waldes beschriftet sind.

Laut Auskunft des Centre d'Etudes Régional de la Protection Civile werden künftig die herkömmlichen Patrouillen durch Luftpatrouillen ergänzt. Militärflugzeuge vom Flughafen Le Luc und Maschinen der Protection Civile werden das Untersuchungsgebiet überfliegen, vor allem seinen unübersichtlichen und unwegsamen östlichen Teil, wo bislang die Waldbrände schwierig zu entdecken und zu erreichen waren.

In Nordamerika, wahrscheinlich auch in der UdSSR, wird eine andere Art der Feuerdetektion versucht. SINGER (1962) berichtet von der Möglichkeit, mit Hilfe der Wettersatelliten Waldbrände zu entdecken, und zwar durch Messung elektromagnetischer Strahlung. Diese neue Methode würde den menschenleeren Räumen Alaskas, Kanadas und Sibiriens zugute kommen, wo Waldbrände wochenlang unbemerkt bleiben und dementsprechenden Schaden anrichten.

Für das mediterrane Frankreich würde die Satellitenbeobachtung nicht lohnen. Es ist jedoch geplant, die Wachttürme mit automatischen Infrarotkameras auszustatten, nicht zuletzt wegen des Personalmangels.

6.3 Erschließungswege und Hubschrauberlandeplätze

Bereits bei Behandlung der Rentabilität des provenzalischen Waldes wurde darauf hingewiesen, wie wenig das Wegenetz ausgebaut ist. Seine Erweiterung erscheint um so dringlicher, wenn man den Wald gegen Feuer zu verteidigen sucht.

Gewiß wird die Abwehr aus der Luft an Bedeutung gewinnen, dennoch ist der terrestrische Kampf, gestützt auf ein stattliches Kontingent von Fahrzeugen und Mannschaften, nach wie vor entscheidend.

Außerdem ist zu bedenken, daß ein ausgebautes Wegenetz zur Sicherheit der Feuerwehrleute beiträgt: bei einem übermächtigen Brand dient es dem Rückzug.

Wie uns der Leiter des Service Régional d'Aménagement Forestier mitteilte, soll in Kürze 1 km Weg 100 ha Wald erschließen. Ein umfangreiches Projekt, wenn man überlegt, daß weite Teile des Dep. Var nicht mehr als 1 km pro 1 800 ha aufweisen.

Die Wege zur Verteidigung des Waldes (amtlich: route de défense des forêts contre l'incendie; Bilder 21 und 22, S. 232) brauchen nicht winterfest zu sein; daher kann der Belag fehlen. Gewisse Mindestanforderungen werden jedoch gestellt (D.D.A. du Var 1971):

- Die Wege dürfen keine Stichstraßen sein, sondern müssen mehrere Ausgänge bieten, um sichere Rückzugsmöglichkeiten zu gewähren.
- Die Steigungen sollen auch von Lastkraftwagen bewältigt werden können; die Kurven müssen, ebenfalls für die schweren Fahrzeuge, einen gewissen Radius haben.
- In Abständen von einigen hundert Metern sind Ausweichstellen und Wendeplätze anzulegen, die einen reibungslosen Verkehr ermöglichen.
- Die Bankette sind von Bewuchs freizuhalten: erstens, um die Zündgefahr durch weggeworfene Zigarettenstummel und schadhafte Auspuffrohre zu mindern; zweitens, um den Feuerwehrleuten einen Sicherheitsabstand vor dem Feuer zu geben. - Im Bergland ist diese Maßnahme nicht unproblematisch; nach Entfernen

der Vegetation verlieren die Böschungen den Halt und laufen Gefahr, fortgeschwemmt zu werden.

Bei der Erweiterung des Wegenetzes ist man sich durchaus bewußt, daß diese Verteidigungswaffe ein zweischneidiges Schwert ist. Einerseits erleichtern die Wege das Eindringen der Feuerwehr, andererseits erlauben sie eine stärkere Frequentierung durch die Touristen, was das Brandrisiko steigert.

Trotz dieser Befürchtung möchte man den Gästen die Wälder nicht vorenthalten; schließlich ist man auf die Touristen angewiesen. Falls das Brandrisiko bei extremer Trockenheit und/oder starkem Mistral zu groß sein sollte, kann man die Pisten durch Ketten für die Besucher sperren.

Ein weiterer Schritt zur Erschließung des Waldes ist die Anlage von Hubschrauberlandeplätzen (Bilder 23 u.24, S.233). Die Einrichtung stammt aus Nordamerika, wo die 'dropping zones' nicht selten erste, punkthafte Ansätze des Verkehrsnetzes sind.

Zu ihrer Anlage genügt eine hochgelegene, mehr oder weniger ebene Fläche von 100 m^2, die leicht anzufliegen ist, z.B. die abgerundeten Kuppen des Mauresberglandes.

Ziel der Hubschrauberkommandos (amerik. smoke jumpers) ist es, möglichst bald, so lange das Feuer leicht zu meistern ist, an Ort und Stelle zu sein. Ein Kommando besteht aus drei Maschinen mit jeweils sieben Feuerwehrleuten, die Plastikwasserbehälter, Motorpumpen und Spritzen mit sich führen.

Die Hubschrauberlandeplätze besitzen einen weiteren Wert: wegen ihrer freien und beherrschenden Lage werden sie gern zum Standort der Kampfesleitung gewählt.

Das Regenwasser, das auf der geteerten Plattform niedergeht, wird gesammelt und Zisternen zugeführt (s.u.).

6.4 Brandschneisen und Brandriegel

Weitere Bestandteile im Arsenal der Abwehrmaßnahmen sind Brandschneisen und -riegel, die als Barrieren gegen die Ausdehnung der Brände und gleichzeitig als Verteidigungsbasen für die Feuerwehr dienen.

Es gibt zahlreiche 'natürliche' Barrieren, wie bebaute Zonen, Wasserflächen, landwirtschaftliche Nutzflächen und Flußuferwälder, die der Ausbreitung des Feuers Einhalt gebieten. Die 'natürlichen' Schranken sind allerdings diskontinuierlich und unvollständig, so daß sie durch 'künstliche' ergänzt werden müssen.
Da sind zunächst die Brandschneisen (Bilder 25 und 26, S. 234) zu nennen. (Nachfolgende Beschreibung stützt sich auf Besichtigungen und Gespräche mit Herrn CLAUDOT, Leiter des C.E.R.A.F.E.R.)

Anlage und Unterhaltung der gerodeten Streifen bereiten Probleme, die bislang nicht befriedigend gelöst werden konnten:

Das steile und felsige Gelände gestattet nur bedingt den Einsatz von Bulldozern; viele Arbeiten müssen manuell erledigt werden; stellenweise sind Sprengungen erforderlich, um die Trassen zu legen. So ist es verständlich, daß wenige Firmen bereit sind, die Geländearbeiten zum Schutz des provenzalischen Waldes zu übernehmen. Wenn nicht das Office National des Forêts über die ehemaligen 'harkis' - von diesen Waldarbeitern wird an späterer Stelle berichtet - verfügte, wäre die Anlage von Feuerschneisen nicht durchzuführen.

Die Vegetation muß radikal (im ursprünglichen Sinne des Wortes) beseitigt werden; ein oberflächliches Abschneiden (Bild 27, S.235),wie es das schmale Budget oft vorschreibt, genügt nicht. Es ist natürlich, daß die Vegetation nachwächst, und das um so mehr, als die Baumschicht fehlt.

Oberflächliches Stutzen kann sogar das Gegenteil bewirken: bestimmte Arten, z.B. die Kermeseiche, wachsen nach dem Abschneiden dichter als vorher. Nur wenn die Wurzeln entfernt werden, nachdem der Bulldozer den Boden etwa 80 cm tief aufgerissen hat (Bild 28, S. 235), kann das Wiederwachsen der Strauchschicht vermieden werden.

Dann aber werden Gräser und andere Sekundärvegetation, z.B. Rosmarin und Euphorbien, die nackten Feuerschneisen besiedeln (vgl. Schlagflächengesellschaften). Folglich müßten Jahr für Jahr die Schneisen umgepflügt werden, wenn sie ihre Schutzaufgaben korrekt erfüllen sollten.

Welche anderen Möglichkeiten gibt es, die Brandschneisen im sauberen Zustand zu halten?

Eine ungewöhnliche, aber wirksame Methode hat man sich 1971 in der Maures-Gemeinde La Garde Freinet einfallen lassen: eine Ziegenherde befreit die Schneisen von brennbarer Vegetation. Vielleicht sollte man Ziegen- und Schafbeweidung auch in anderen Waldgemeinden, selbstverständlich nur an den brandgefährdeten Waldrändern, wiedereinführen, was bei der mit pastoraler Wirtschaft vertrauten Bevölkerung nicht schwierig sein dürfte. Dabei wäre zu beachten, daß die Herden nicht ins Innere der Wälder eindringen und dort Tritt- und Verbißschäden anrichten.

In der nationalen forstlichen Forschungsanstalt von Nancy versucht man für Feuerschneisen eine spezielle Vegetation zu züchten; sie soll niedrig und schwer entflammbar sein und den Boden so sehr bedecken, daß kein anderer Bewuchs aufkommt. Die Versuche befinden sich noch im Forschungsstadium.

Große Hoffnung setzt man auf chemische Mittel: Herbizide, welche die brennbare Vegetation auf den Brandschneisen vernichten. Ihre Anwendung ist, wie wir auf Versuchsfeldern in den Maures feststellen konnten, nicht unproblematisch.

Zwar gibt es Mittel, die eine totale Vernichtung der Pflanzendecke herbeiführen; aber sie bewirken gleichzeitig eine Sterilisierung des Bodens, zumindet für einige Jahre.

Außerdem ist nach heutiger Ansicht eine absolut nackte Schneise unerwünscht, weil sie die Waldlandschaft verletzt und verunziert. (Daher der Name 'Wundstreifen' synonym gebraucht für 'Feuerschneise'.) Vielmehr möchte man vereinzelte, schwer brennbare Bäume auf den Brandschneisen stehen lassen.

Folglich müssen selektive Herbizide entwickelt werden, die Steineiche, Flaumeiche, Korkeiche und Eßkastanie verschonen, während sie Kermeseiche, Erica, Calluna, Zedernwacholder, Ginster, Lavendel, Thymian, Rosmarin, Zistrosen, Adlerfarn und die Gräser vernichten.

Wie es sich gezeigt hat, sind Anlage und Unterhaltung der Brandschneisen eine schwere Belastung; groß ist das Risiko, daß die notwendigen Arbeiten nicht immer und überall durchgeführt werden, sei es wegen des Reliefs, wegen ungünstiger Witterung oder wegen finanzieller Schwierigkeiten.

Daher bevorzugt man an Stelle der künstlichen, pflegebedürftigen und unschönen Brandschneisen die sogenannten Brandriegel. Das sind ebenfalls lineare Hindernisse, welche die Forstmassive unterbrechen und die Ausbreitung des Feuers bremsen. Zum Unterschied von den leeren Schneisen sind sie landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder anderweitig genutzt.

Günstig sind landwirtschaftliche Riegel, weil die meisten der angebauten Kulturen schlecht entzündbar sind und weil der Boden in der Regel tadellos unterhalten wird (Bilder 29 und 30, S. 236).

Am besten geeignet sind Weinfelder; sie sind für Brände unüberwindbar. (Diese Tatsache machen sich die Feuerwehrleute zunutze, wenn sie vor einem übermächtigen Brand in die

Weinfelder flüchten.) Da die Weinrebe praktisch überall in der Niederprovence gedeihen kann, macht ihre Ausbreitung keine Schwierigkeiten.

Ebenso wirksame Brandriegel sind die Olivenhaine, die mehrmals jährlich bearbeitet werden. Daher ist die Olivenkultur, neben dem Weinbau das zweite klassische Element der provenzalischen Landwirtschaft, ebenfalls zu propagieren, soweit es die klimatischen Verhältnisse zulassen.

Wo genügend Wasser vorhanden ist, sind bewässerte Kulturen, vor allem Obstplantagen und Gemüsefelder, anzulegen. Ihre Ausbreitung wird sich auf die Talsperren, die im folgenden Abschnitt besprochen werden, stützen können.

An der Côte d'Azur, wo die Blumenzucht zu Hause ist, können Blumenfelder die Aufgabe von Brandriegeln übernehmen.

So wird die bänderförmige Ausweitung landwirtschaftlicher Kulturen in den Wald hinein effektive und kostenlose Brandriegel - ihre Unterhaltung wird ja von den Eigentümern getragen - schaffen.

Gleichzeitig werden durch die Umstrukturierung in der Land- und Forstwirtschaft die ökonomischen Bedingungen in der agrarischen Bevölkerung verbessert; denn Intensivkulturen wie Wein, Aprikosen, Artischocken, Blumen etc. sind im Untersuchungsgebiet ungleich ertragreicher als die Waldwirtschaft.

Ein weiterer Vorteil landwirtschaftlich genutzter Brandriegel liegt darin, daß sie die Physiognomie der Landschaft verschönern, was für eine Fremdenverkehrsregion wie die südliche Provence wichtig ist.

Dort, wo Relief, Boden oder Klima eine landwirtschaftliche Bestellung der Brandriegel nicht zulassen, wird man forstliche Brandriegel anlegen.

Welchen Anforderungen müssen sie genügen?
Die Riegelbestände sollen so dicht sein, daß sie das Unterholz, hauptverantwortlich für die Ausbreitung des Feuers, unterdrücken. Die verwendeten Holzarten müssen den jeweiligen ökologischen Verhältnissen angepaßt sein, schnell wachsen, eine robuste Natur sowie eine gewisse Lebenserwartung besitzen und die Attacken eines Waldbrandes abwehren, ohne großen Schaden zu erleiden.

Damit die Riegel diese Aufgabe erfüllen können, ist größte Sorgfalt bei der vorbereitenden Bodenbearbeitung und bei der Auswahl der Hölzer vonnöten. Betrachten wir den Versuchsriegel von Peynier (Dep. B.d.Rh.), der 1970 in Angriff genommen wurde (Bilder 31 und 32, S. 237).

Das Gelände wird mehrere Male in verschiedenen Richtungen gepflügt, um den Boden aufzulockern. Dabei wird das Gestrüpp ausgerissen und vernichtet. Gleichzeitig werden die Steine aufgelesen und am Rand neben der Doppelreihe von Arizonazypressen zu einer Mauer aufgestapelt. Sie gibt zusätzlichen Schutz vor heranrückendem Feuer.

Zur weiteren Auflockerung des Bodens wird gegebenenfalls Torf beigemischt, ebenso wie Dünger zur Steigerung der Fruchtbarkeit.

Für die Bepflanzung bieten sich in der kristallinen Provence Korkeiche und Eßkastanie, daneben Steineiche und Eukalyptus an. In der Kalkprovence bevorzugt man Steineiche und Flaumeiche; letztere trotz der Tatsache, daß sie den Winter hindurch das tote Laub behält.

Die jungen Pflanzen werden mit abgeschnittenen Zweigen von Kermeseichen umgeben, die sie vor Wildverbiß (Kaninchen) schützen. Gegen schädliche Insekten werden vergiftete Köder ausgelegt.

Der sommerlichen Austrocknung begegnet man, indem man die Pflanzen zwei- bis dreimal begießt. Nach wenigen Jahren erübrigt sich diese Vorsorge.

Besondere Aufmerksamkeit widmet man den Rändern der Brandriegel. Man will durch hohe,geschlossene Hecken den Funkenflug abfangen, der häufig dem Brand vorauseilt und neue Brandherde schafft. Außerdem sollen die Baumhecken den Mistral bremsen, der das Feuer entfacht. Und schließlich werden die Hecken verhindern, daß die jungen Pflanzen auf den forstlichen Brandriegeln in ihrem Wachstum durch den Wind beeinträchtigt werden.

Für solche Schirmaufgaben kommen nur immergrüne Bäume in Frage, die ganzjährig Schutz bieten. Prädestiniert für diese 'rideaux protecteurs' (Schutzvorhänge) sind seit eh und je die Zypressen.

Die forstlichen Brandriegel bedürfen einer sorgfältigen Pflege. Dazu gehört neben der regelmäßigen Aufastung das Entfernen von trockenem Material, wie tote, unzersetzte Blätter und abgefallene Zweige.

In Zukunft wird es noch einen dritten und vierten Typ von Brandriegeln geben; sie werden im Zusammenhang mit der Schutzzone Valbonne (6.7.3) behandelt.

6.5 Wasserstellen

Da Wasser zum Löschen der Waldbrände unentbehrlich ist, gehört die Anlage von Wasserstellen zu den vorrangigen Schutzmaßnahmen.

Die natürlichen Wasserstellen wie Quellen, Seen, Teiche und fließende Gewässer können ohne große Mühe für die Belange der Waldbrandbekämpfung präpariert werden. So kann man an den Ufern der Teiche Wasserentnahmestellen anlegen, die das Eintauchen der Saugrohre ermöglichen. Oder es können Bäche, die im Sommer nur wenig Wasser führen, durch Schwellen unterbrochen werden, hinter denen sich größere Mengen Wasser sammeln.

Außer den natürlichen Wasserstellen, die auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse (weitverbreiteter Karst) und der klimatischen Bedingungen (sommerliche Trockenheit) nicht zahlreich sind, gibt es künstliche, die ebenfalls für die Waldbrandbekämpfung herangezogen werden können: Bewässerungskanäle, Brunnen, Hydranten, Wasserreservoire. Auch die privaten Schwimmbecken, an denen es im Fremdenverkehrsgebiet der südlichen Provence nicht fehlt, können mit Zusatzgeräten für den Gebrauch durch die Feuerwehr ausgestattet werden.

Die bisher genannten Wasserstellen liegen jedoch meistens in der Nähe von Siedlungen sowie landwirtschaftlicher Nutzflächen und selten im Wald selbst, wo sie benötigt werden. Daher sind neue Wasserstellen innerhalb der Forstmassive geplant und teilweise verwirklicht.

In der kristallinen Niederprovence, wo ausreichend Wasser und günstiger Untergrund vorhanden sind, werden die 'lacs collinaires' gebaut. (Die Bilder 33 und 34, S.238, zeigen zwei der sieben, die in den Maures entstehen.) Das sind kleine, hochgelegene Talsperren an den Oberläufen der Bäche, wie sie auch aus der italienischen Bewässerungslandschaft als 'laghetti collinari' bekannt sind.

Es ist einleuchtend, daß solch eine Talsperre mit einer Kapazität von etwa 100 000 m^3 für die Waldbrandbekämpfung allein zu aufwendig und zu kostspielig ist. Indem sie gleichzeitig der Trinkwasserversorgung, Bewässerung und dem Fremdenverkehr dient, werden die Kosten rentabilisiert.

Die Talsperren dienen nicht nur als Wasserlieferanten dem Schutz des provenzalischen Waldes; darüber hinaus eröffnen sie weitere Möglichkeiten zur Verteidigung: Unterhalb der Talsperren können Bewässerungskulturen angelegt werden, welche die Rolle eines landwirtschaftlichen Brandriegels übernehmen. Ebenso gut können hygrophile Holzarten angepflanzt werden, die einen forstlichen Brandriegel bilden.

Schließlich denkt man daran, die Täler unterhalb und oberhalb der Talsperren in Freizeitparks umzuwandeln; denn auch Parks können als Brandriegel wirken, wenn sie entsprechend gepflegt werden. (Wobei allerdings die Gefahr besteht, daß mit den Besuchern die Anzahl der Zündanlässe wächst.)

Von den hochgelegenen 'lacs collinaires' sollen Wasserleitungen, dem Gefälle folgend, in die verschiedenen Waldtäler führen. Da sie während des Winters nicht benutzt werden, kann man sie oberirdisch verlegen, was allerdings die Landschaftsschönheit beeinträchtigt. Sie werden Hydranten speisen, die an strategisch wichtigen Punkten, z.B. an Kreuzungen von Erschließungswegen installiert sind. Die Bilder 35 und 36 (S.239) zeigen die erste fertiggestellte Anlage.

Unbestritten ist der Nutzen der Talsperren sowohl für die Waldbrandbekämpfung als auch für sozio-ökonomische Strukturverbesserungen. Von den provenzalischen Biologen werden indes Bedenken gegen ihren Bau angemeldet. Die engen, kühlen und unberührten Täler der kristallinen Massive beherbergen nämlich lokal begrenzte und äußerst empfindliche Biozönosen, die ertränkt würden. Nicht nur die spärlichen Reste des ursprünglichen Steineichenhochwaldes, auch die dortige Kleintierfauna, lebende Fossilien, würden für immer - so befürchten die 'Puristen' - verschwinden (HERVE 1971).

In der Kalkniederprovence, wo Quellen und Wasserläufe selten sind und der Karst die Anlage von Talsperren verbietet, ist man auf Regenwasser angewiesen.

Zu diesem Zweck baut man ein Impluvium, d.i. eine etwa 500 m^2 große, geteerte und daher wasserundurchlässige Fläche, die das Regenwasser auffängt. Oft ist es die Plattform eines Hubschrauberlandeplatzes, die diese Funktion übernimmt.

Am unteren Ende der sanft geneigten Fläche befindet sich ein Rinnstein, der das Wasser sammelt und, nachdem es durch ein Sieb geflossen ist, einer Zisterne zuführt. (Bilder 37 und 38, S.240)

Im Dep. Bouches-du-Rhône bemüht man sich, die Zisternen diskret in die Waldlandschaft einzufügen, indem man sie in die Erde versenkt und den Deckel mit Kies bedeckt; im Dep. Var hingegen wird mancherorts die Landschaftsschönheit durch die herausragenden Betonklötze gestört.

Die verschlossenen Zisternen können nur von der Feuerwehr geöffnet werden, um eine mißbräuchliche Wasserentnahme (Viehtränke, Autowaschen) auszuschalten.

Aus strategischen Überlegungen wird an Stelle einiger großer Zisternen eine Vielzahl von kleinen (60 m^3) angelegt, deren räumliche Verteilung ebenfalls strategischen Kriterien (Erreichbarkeit, Nähe von Brandschneisen etc.) unterliegt.

Im übrigen will man die Zisternen im gesamten Untersuchungsgebiet standardisieren, um die Anschaffungskosten zu senken.

6.6 Die ehemaligen 'harkis'

Anlage und Unterhaltung der Schutzeinrichtungen wären unmöglich, wenn nicht das Office National des Forêts über einen Stamm tüchtiger Arbeitskräfte, die ehemaligen 'harkis' verfügte.

Das Wort 'harki' existiert erst seit 1960 in der französischen Sprache; es stammt aus dem arabischen 'harka', was 'Bewegung' heißt.

Die 'harkis' sind Algerier, die auf französischer Seite gestanden haben und während des Algerienkrieges als Miliz eingesetzt wurden. Nach der Aufgabe Algeriens sahen sich die 'harkis' gezwungen, das Land zu verlassen, um nicht lebenslänglich inhaftiert oder mit dem Tode bestraft zu werden. Das französische Mutterland fühlte sich verpflichtet, sie zu übernehmen, im Midi anzusiedeln und zu beschäftigen. Die Eingliederung war nicht leicht, wie uns die verantwortlichen Stellen mitteilten. Nur ungern erklärten sich die Präfekten und Bürgermeister zur Aufnahme bereit. Man befürchtete Konflikte, hervorgerufen durch die Andersartigkeit: islamischer Glaube, nordafrikanische Lebensgewohnheiten, Kinderreichtum, Analphabetismus.

Nachdem die 'harkis' die anfänglichen Anpassungschwierigkeiten überwunden haben, werden sie heute voll akzeptiert, ja, sie genießen dank ihrer Arbeitsleistungen Anerkennung. Sie wohnen in isolierten Weilern, die auf gerodeten Waldflächen angelegt wurden (Bild 39, S. 241). Insgesamt gibt es im Untersuchungsgebiet 29 'harkis'-Weiler mit je 25 Familien. Wenn man einen Weiler besucht - der Zutritt ist nur in Begleitung einer Amtsperson gestattet - bietet sich ein fremdartiges Bild: unbefestigte Wege verbinden die niedrigen Häuser; das Kleinvieh läuft frei umher; zahlreiche Kinder, alle barfuß, stürzen sich auf den auswärtigen Besucher; die Frauen, in knöchellangen Kleidern, sitzen auf dem Erdboden vor den Hütten und erledigen die Hausarbeit; einige tragen Kleinkinder auf dem Rücken. Die Männer sind selten anzutreffen; meistens befinden sie sich auf ihren Arbeitsstellen im Wald.

Welche Aufgaben erfüllen die ehemaligen 'harkis'?
Einmal obliegen ihnen die zum Schutze des provenzalischen Waldes notwendigen Arbeiten: Wegebau, Anlage von Hubschrauberlandeplätzen und Wasserstellen, Unterhaltung der Brandschneisen, Schaffung forstlicher Brandriegel und Arbeiten in staatlichen Baumschulen. Für diese Tätigkeiten sind sie mit dem entsprechenden Werkzeug - Hacken, Schaufeln, Sägen, Äxten etc. - ausgerüstet, das sie stets auf einem Lastkraftwagen mit sich führen.

So kann man, hauptsächlich im waldbrandarmen Herbst und Winter, überall im provenzalischen Wald den 'harkis'-Gruppen begegnen, die das eine oder andere Projekt ausführen (Bild 40, S. 241). Besonders im schwierigen Gelände des Dep. Alpes-Maritimes, wo private Firmen die mühsamen und durch die starken Herbstniederschläge zusätzlich erschwerten Bauarbeiten scheuen, wird der Einsatz der Nordafrikaner geschätzt.

Ihre zweite Aufgabe ist der aktive Kampf gegen die Waldbrände, da es an Feuerwehrleuten fehlt.

Bis zum Zweiten Weltkrieg war dieses Problem unbekannt; wenn damals die Feuerglocke läutete, begab sich die gesamte männliche Dorfbevölkerung an die Löscharbeiten. Der Kampf gegen das Feuer war von dem Bewußtsein getragen, daß der Wald den

Menschen ihren Lebensunterhalt gab; denn viele Leute, in den kristallinen Waldgebirgen ganze Gemeinden, verdienten ihr Geld im Wald oder durch den Wald. So waren alle bereit, sich an der Waldbrandbekämpfung zu beteiligen.

Heute jedoch leben die Landbewohner nicht mehr vom Wald, sondern größtenteils von der Industrie in den benachbarten Städten, wohin sie als Pendler fahren. Daher ist in den Dörfern nur eine geringe Zahl von Freiwilligen zur Stelle, wenn ein Brand ausbricht; die Bekämpfung geht mehr und mehr in die Hand der öffentlichen Stellen.

Man darf also froh sein, in den ehemaligen 'harkis' eine stets verfügbare Truppe zu haben, die zur Bekämpfung der Waldbrände beiträgt. Mit berechtigtem Stolz bezeichnen sich die Nordafrikaner als 'Infanterie der Protection Civile'. In der Tat sind sie den französischen Feuerwehrleuten in mancher Hinsicht überlegen: sie zögern nicht, die dornigen Strauchformationen zu durchqueren; sie wagen sich bis unmittelbar an die Feuersfront; sie erweisen sich als äußerst geschickt, wenn Gräben auszuwerfen oder Barrieren aufzubauen sind. Schließlich sind sie so genügsam, daß ihnen tagelanger Einsatz mit Übernachtungen in Zelten und Verpflegung aus Konserven wenig ausmacht.

Die Qualitäten sowohl im aktiven Kampf als auch bei den Geländearbeiten haben die 'harkis' zu einem unentbehrlichen Glied in der Verteidigung des provenzalischen Waldes gemacht.

6.7 Die Schutzzonen

Die behandelten Abwehreinrichtungen wurden bis jetzt vornehmlich in drei Gebieten der südlichen Provence, in den Schutzzonen (amtlich: périmètres de protection), verwirklicht. Diese Schutzzonen, als Versuchsfelder konzipiert, zeigen bereits heute, wie die gesamte Waldlandschaft des Untersuchungsgebietes in Zukunft aussehen wird.

Jede der drei Schutzzonen unterliegt eigenen geographischen

Bedingungen und benötigt eigene raumplanerische Maßnahmen, wie nachfolgend aufgezeigt wird.

6.7.1 Die Schutzzone Maures

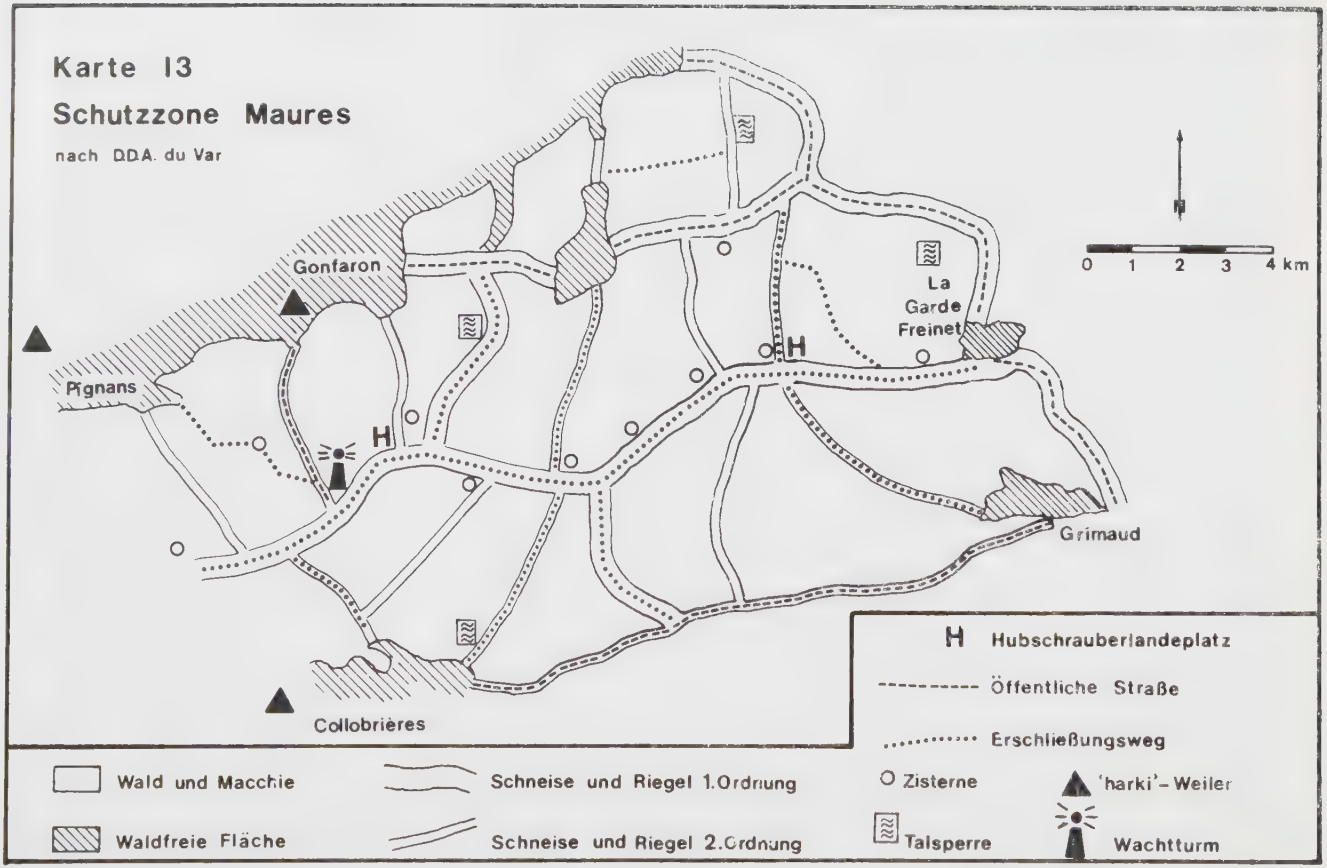
Im zentralen Teil der Maures wurde die erste Schutzzone (Périmètre pilote des Maures) angelegt, die eine Fläche von 18 700 ha umschließt (Karte 13, S. 186). Sie bildet ein weites Viereck von 18 x 10 Kilometern. Das Gelände fällt von den kristallinen Ketten, die in der Notre Dame des Anges (780 m) ihre höchste Erhebung besitzen, nach Norden in die Permische Senke (70 m).

Der weitaus größte Teil, gut 16 000 ha, ist von Wald bedeckt. Dieser besteht hauptsächlich aus Korkeichen, die nach dem Verschwinden der Seestrandkiefer die Oberhand gewinnen. Dazu gesellen sich auf den frischen Nordhängen die Eßkastanien und auf den Sandsteinböden der Permischen Senke die Schirmpinien (D.D.A. du Var 1972).

Die Schutzzone wird überragt von dem Wachtturm, der auf der Notre Dame des Anges errichtet ist. Von dort hat der Wächter einen Ausblick über die ausgedehnten Forsten, die nur durch wenige, meistens randlich gelegene Rodungsflächen unterbrochen sind.

Diese nicht bewaldeten Flächen - sie sind entweder landwirtschaftlich genutzt oder bebaut - sind natürliche Brandriegel, die dem Feuer Einhalt gebieten. So wird die Zone auf ihrer Nordwestflanke im Tal der Aille durch landwirtschaftliche Kulturen geschützt. Weitere natürliche Barrieren werden durch die Feldfluren der Gemeinden Collobrières, Grimaud und La Garde Freinet gebildet.

Innerhalb des Forstmassives wurden künstliche Brandriegel geschaffen - 1 150 ha Wald fielen ihnen zum Opfer - welche die Schutzzone in Blöcke zerschneiden. Die Riegel bzw.


Karte 13
Schutzzone Maures
nach DDA. du Var
Gonfaron
Pignans
La Garde Freinet
Grimaud
Collobrières
H
0 1 2 3 4 km
H Hubschrauberlandeplatz
Öffentliche Straße
Erschließungsweg
Zisterne
'harki'-Weiler
Talsperre
Wachtturm
Wald und Macchie
Waldfreie Fläche
Schneise und Riegel 1.Ordnung
Schneise und Riegel 2.Ordnung

Schneisen verlaufen nicht unbedingt rechtwinklig zur Hauptwindrichtung, wie man vermuten könnte; vielmehr sind sie an das Straßennetz angelehnt.

Die Kombination Brandschneise/Straße empfiehlt sich aus zwei Gründen: einmal müssen die Schneisen für die Feuerwehrfahrzeuge erreichbar und passierbar sein; zum anderen können Schneisen längs der Straßen helfen, die Anzahl der Brände zu senken; denn die meisten Waldbrände nehmen an den Straßenrändern ihren Anfang.

Die Brandriegel bzw. -schneisen sind unterschiedlich breit. Solche erster Ordnung, rund 200 m breit, sollen den Brand aufhalten, ohne daß die Feuerwehr einzugreifen braucht; sie sind sozusagen selbstverteidigend.

Die wichtigste der Barrieren erster Ordnung durchquert die Schutzzone von W nach E, längs einer Piste, die auf dem Kamm des Mauresberglandes angelegt wurde. Sie wird in der Regel nicht vom Feuer bezwungen werden, da der Hangaufwind von jenseits der Gipfellinie das Feuer zurückdrängt.

Eine zweite bedeutende Barriere verläuft durch das nördliche Vorland von W nach E. Links und rechts der Straße werden insgesamt 100 ha Weinfelder angelegt, was einen Streifen von 200 m Breite und 5 000 m Länge ergibt.

Zwischen den Barrieren erster Ordnung liegen Waldflächen von 3 000 bis 5 000 ha Größe. Sie werden durch ein Netz von Barrieren zweiter Ordnung, dessen Maschen rund 1 000 ha groß sind, untergliedert. Man ist also bereit, im Falle eines Brandes ein Waldstück von maximal 1 000 ha zu opfern.

Die Schneisen und Riegel zweiter Ordnung sind etwa 50 m breit. Sie sind nicht selbstverteidigend, sondern müssen von den Feuerwehrleuten, die auf ihnen Stellung beziehen, gehalten werden.

Das Straßennetz war ursprünglich gering entwickelt; mit wenigen Ausnahmen mieden die Straßen das Waldbergland und umgingen es auf seinen Flanken. Daher mußten für die Waldbrandbekämpfung neue Pisten geöffnet werden; ihr Rückgrat ist die zentrale Gipfelstraße.

Von dieser West-Ost-Achse führen zahlreiche Nebenwege, fast immer von einer Brandschneise begleitet, ins Innere der Wälder, so daß heute das Bergland gut zu durchdringen ist.

An exponierter Stelle sind die beiden Hubschrauberlandeplätze angelegt; der eine beherrscht den westlichen Sektor, der andere den östlichen. Dank ihrer zentralen und zugänglichen Lage können sie gegebenenfalls der Einsatzleitung als Befehlsstand dienen, zumal man von dort aus Erkundungsflüge unternehmen kann.

Die günstigen hydrologischen und geologischen Verhältnisse machen die Wasserspeicherung unproblematisch. Vier 'lacs collinaires' unterschiedlicher Größe können die Feuerwehr im Überfluß versorgen. Da die Becken aber mehr oder weniger peripher liegen, sind im zentralen Teil zehn Zisternen errichtet, so daß nun das gesamte Massiv mit Wasserstellen versehen ist.

Schließlich gehören zur Schutzausstattung des Waldes die drei 'harkis'-Weiler, die in Collobrières, Pignans und Gonfaron gebaut wurden. So ist eine intensive Betreuung der Verteidigungseinrichtungen, insbesondere der Brandschneisen, gesichert; und für den Ernstfall ist ein schnelles Eingreifen der 'harkis'-Truppen gewährleistet.

Es bleibt zu hoffen, daß die Schutzzone, deren Verwirklichung 17 Millionen Francs gekostet hat, die Waldbrände abwehren kann, denen die zentralen Maures bislang ausgeliefert waren. Sollte sich die Schutzzone bewähren, wird sie auf den westlichen Teil der Maures ausgedehnt.

6.7.2 Die Schutzzone Calanques - Ste.Baume

Im Südosten des Dep. Bouches-du-Rhône, zwischen der Ste. Baume-Kette im Norden, Marseille im Westen, den Calanques im Süden und der Grenze zum Dep. Var im Osten, liegt die Schutzzone Calanques - Ste.Baume (Karte 14, S. 190).

Große Höhenunterschiede auf kurzer Entfernung erklären das unruhige Relief. Nur 15 km trennen die 1 154 m hohe Ste. Baume-Kette vom Meer; die zerrissene Riaküste der Calanques fällt stellenweise 400 m senkrecht ab.

Die Schutzzone umfaßt 34 000 ha, die folgendermaßen genutzt sind (D.D.A. des B.d.Rh. 1971):

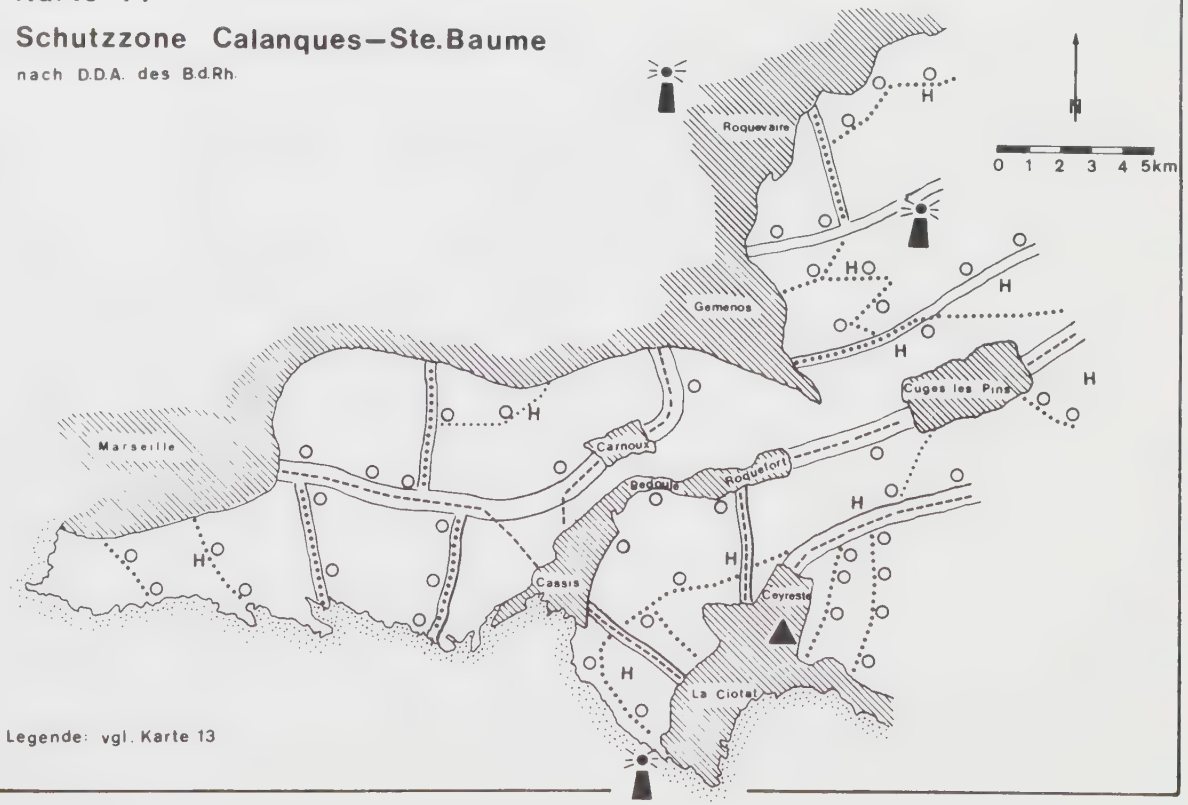
- Der Wald hat mit 45 % den größten Anteil; er setzt sich hauptsächlich aus Aleppokiefern zusammen, die in den Gemeinden La Ciotat, Ceyreste und Gémenos schöne Bestände bilden.
- Die Garrigue bedeckt 30 % der Fläche; dominant ist die Kermeseiche. Die Strauchformation findet ihre größte Verbreitung im Westen der Schutzzone, zwischen Marseille und Cassis. Etwa die Hälfte der Garrigue kann in Wald zurückgeführt werden, während bei der anderen Hälfte die Erosion so weit fortgeschritten ist, daß eine Wiederaufforstung unmöglich ist.
- Landwirtschaftlich genutzte Flächen haben einen Anteil von 17 %. Sie finden sich vor allem im Osten, in den Weinbaugemeinden Roquevaire, Gémenos und Cuges les Pins.
- Die bebaute Fläche beträgt 8 %; sie konzentriert sich um die Küstengemeinden La Ciotat und Cassis.

Die Schutzzone, vor den Toren Marseilles gelegen, ist mit ihren Badebuchten, der duftgeschwängerten Garrigue, den

Karte 14

Schutzzone Calanques–Ste.Baume

nach D.D.A. des B.d.Rh.



Legende: vgl. Karte 13

grünen Kränzen von Aleppokiefern und mit dem fremdartigen Buchenwald der Ste.Baume-Kette das Naherholungsgebiet für eine Million von Menschen.

Außer der Erholung dient die Zone der Bodenkonservierung. Daher muß auch die Garrigue geschützt werden; denn wenn sie verschwindet, was nach wiederholten Bränden eintritt, ist der Boden verloren; übrig bleibt der nackte Fels.

Betrachten wir nun die Ausstattung des Geländes mit Schutzeinrichtungen.

Die zahlreichen nichtbewaldeten Flächen bilden das Grundgerüst für Brandriegel und -schneisen. Vielerorts genügt es, die Flächen durch kurze, künstliche Barrieren untereinander zu verbinden.

Mitten durch die Schutzzone verläuft ein waldfreies Band von Cassis über Bédoule und Roquefort nach Cuges les Pins. Nur westlich und östlich von Cuges müssen kleine Lücken geschlossen werden, um einen durchgehenden Brandriegel erster Ordnung zu erhalten.

Hierzu parallel, von WSW nach ENE und somit rechtwinklig zur Mistralrichtung, verlaufen die beiden anderen Barrieren erster Ordnung; die eine beginnt am Ostrand von Marseille, durchquert die Garrigue längs der Nationalstraße und biegt bei Carnoux nach N um; die zweite führt von La Ciotat nach Ceyreste, von wo sie durch einen künstlichen Riegel bis zur Grenze fortgesetzt wird.

Schließlich wird der Nordosten des Schutzperimeters durch die landwirtschaftlichen Flächen, die sich von Gémenos über Roquevaire hinaus erstrecken, gedeckt.

Dieses Verteidigungssystem wird durch Brandriegel zweiter Ordnung ergänzt; sie untergliedern die Forstmassive, wie es im Nordosten besonders deutlich wird.

Große Anstrengungen wurden unternommen, um das reliefierte Gelände zugänglich zu machen: 660 km Erschließungswege und 10 Hubschrauberlandeplätze. Bemerkenswert ist das enge Netz von Ausfallwegen um La Ciotat; es soll der Feuerwehr auch im Juli und August, wenn die öffentlichen Straßen durch den Urlaubsverkehr häufig verstopft sind, eine rasche Ausfahrt erlauben.

Das größte Problem bereitet die Wasserversorgung. Natürliche Wasserläufe und Quellen sind selten und in ihrer Schüttung schwankend, so daß man auf künstliche Wasserreservoire angewiesen ist.

Da die Durchlässigkeit des Kalkgesteins an keiner Stelle der Schutzzone die Anlage von 'lacs collinaires' gestattet, ist der Bau von Zisternen erforderlich. Längs der Brandriegel und -schneisen sowie der Erschließungswege sind Ketten von Zisternen, die sich alle selbst speisen, angelegt; ihre Lage im Herzen der Waldgebiete erspart den Löschfahrzeugen zeitraubende Transportfahrten.

Die Überwachung der Schutzzone erfolgt von drei Aussichtstürmen: einer von ihnen ist außerhalb auf der Etoile-Kette errichtet, ein zweiter steht auf der Ste.-Baume-Kette, der dritte ist der Semaphor von La Ciotat.

Aufgrund des lebhaften Reliefs bleiben ihnen jedoch viele Flächen verborgen; außerdem kann die Sicht vom Leuchtturm La Ciotat durch morgendlichen Küstennebel behindert werden. Deswegen sind zusätzlich drei Wohnwagen - mobile Wachtposten - aufgestellt, so daß nun der größte Teil der Schutzzone zu überblicken ist.

Die Arbeiten in der Schutzzone Calanques - Ste.Baume laufen zur Zeit auf vollen Touren; sie sollen 1975 mit Ablauf des sechsten Planes beendet sein.

6.7.3 Die Schutzzone Valbonne

Noch im Stadium der Planung befindet sich der Schutzperimeter von Valbonne, der im Südwesten des Dep. Alpes-Maritimes entstehen wird. (Nachfolgende Ausführungen stützen sich auf Planungsunterlagen, die bei der D.D.A. des A.M. eingesehen werden durften.)

Das 28 000 ha große Gebiet zwischen Grasse, Cannes und Vence ist ein niedriges Hügelland zu Füßen der Voralpen von Grasse. Seine Böden sind unterschiedlich: einmal gibt es silikatische auf permischem Sandstein, andesitischen Konglomeraten, pliozäner und quartärer Nagelfluh sowie auf jungen Ton- und Kiesablagerungen; zum andern handelt es sich um basische Böden auf Dolomit und Kalk mit Mergeleinschaltungen.

Entsprechend vielfältig sind die Holzarten: Korkeiche, Steineiche, Aleppokiefer, Schirmpinie und bis vor kurzer Zeit die Seestrandkiefer.

Obwohl bei der Grenzziehung der Schutzzone die Bevölkerungszentren ausgeklammert werden, verbleiben dennoch 40 000 Einwohner innerhalb der Zone, was eine Dichte von 143 E/km^2 ergibt. Dazu gesellen sich im Sommer die vielen Urlauber, die in verstreuten Villen und Appartementshochhäusern wohnen. So wird der Wald zum Wohngebiet, wodurch sich die Zahl der Zündanlässe vermehrt. Außerdem sind die Bewohner in den isolierten Siedlungen bei einem Waldbrand extremen Gefahren ausgesetzt.

Das Problem der Schutzzone Valbonne wird es sein, den Schutz des Waldes mit dem der Siedlungen zu vereinen. Die Schwierigkeiten werden in Zukunft wachsen, da der Bevölkerungsdruck, ausgehend von den übervölkerten Küstenstädten Cannes und Antibes, wachsen wird.

Ein neuer Typ von Brandriegel, der sogenannte urbanisierte Brandriegel, soll hier Abhilfe schaffen. Es werden zwei bebaute Streifen angelegt, die von Nord nach Süd, rechtwinklig zum Mistral, die Schutzzone Valbonne durchziehen. Diesen Wohnzeilen werden besondere Schutzvorkehrungen auferlegt, um ein gefahrloses Leben der Bewohner sicherzustellen:

- Die Grundstücke sollen von brennbarem Material freigehalten werden. Dazu gehört, daß die Gärten und Anlagen zwischen den Häusern keine xerophilen Sträucher enthalten dürfen, sondern nur vereinzelte, hochstämmige und schwer entzündbare Bäume.
- Auf der Westseite (Mistralseite) der Häuser ist eine Wasserleitung zu installieren, die eine Stunde lang einen 30 m breiten Wasservorhang spenden kann.
- Private Schwimmbecken sollen nicht mehr besteuert, sondern im Gegenteil subventioniert werden; dabei wird zur Auflage gemacht, daß sie auf der Westseite der Häuser liegen müssen und mit dem notwendigen Zubehör für eine Wasserentnahme durch die Feuerwehr ausgestattet werden.
- Die Konstruktion der Dächer, die in der Regel zuerst entflammen, ist besonderen Bauvorschriften unterworfen.
- Jede Wohngemeinschaft soll eine ausgebildete und mit Löschwerkzeugen versehene Schutzmannschaft stellen.

Es ist offensichtlich, daß in den urbanisierten Brandriegeln die Bewohner weitaus sicherer leben als in den bisherigen Streusiedlungen. Außerdem sind die bebauten Zeilen unpassierbare Schranken für die Waldbrände, die bislang ungehindert von Westen nach Osten laufen konnten.

Allerdings muß die gezielte Urbanisation, die sich im Hinterland der Côte d'Azur anbahnt, der Belastbarkeit des

Waldes Rechnung tragen und darf in keiner Weise seinen Fortbestand beeinträchtigen.

Neben dem urbanisierten Brandriegel wird es einen weiteren Typ von Brandriegel geben, der ebenfalls auf die Besonderheiten des Dep. Alpes-Maritimes zugeschnitten ist: der gartenbauliche Riegel, eine Variante des landwirtschaftlichen Brandriegels.

Waren bislang die Gartenbaubetriebe vornehmlich an der Côte d'Azur mit einer Verdichtung im Delta des Var ansässig, sollen sie künftig in die Wälder des Hinterlandes verlegt werden. Dadurch wird an der Küste Platz frei für Bebauung und Fremdenverkehr; und in den Wäldern der Schutzzone Valbonne hat man nicht nur kostenlose, sondern sogar gewinnträchtige Brandriegel.

Im Dep. Alpes-Maritimes bringt die Blumenzucht, die nur 1,3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche beansprucht, 52,1 % der Einnahmen in der Landwirtschaft. Zählt man zur Blumenzucht den Gemüseanbau und die Baumschulen hinzu, dann werden im Gartenbau insgesamt 70,7 % der landwirtschaftlichen Einkünfte erzielt (D.D.A. des A.M. 1971).

Die übrigen geplanten Schutzeinrichtungen entsprechen denen der beiden anderen Zonen.

6.8 Der aktive Kampf

Die spektakulärste Aktion bei der Verteidigung des Waldes ist zweifellos der aktive Kampf; sein Ziel ist es, einen ausgebrochenen Waldbrand zu löschen.

Folgendes Personal ist an der Bekämpfung beteiligt:

- Die Berufsfeuerwehr bildet den Kern der Kampfmannschaften. Sie ist in den größeren Städten ansässig, wo sie meistens in paramilitärischen Verbänden

geführt wird. Sie rekrutiert sich aus Wehrpflichtigen, die ihren Militärdienst bei der Berufsfeuerwehr ablegen, und aus Soldaten der Marine. Ihre Vorzüge sind die technischen Fähigkeiten, die professionelle und juristisch definierte Verantwortung sowie die Geschlossenheit in der Kampfesführung. Daher obliegen ihr die anspruchsvollen Aufgaben.

- Ein Teil der Feuerwehrleute sind Freiwillige aus der Landbevölkerung, die im Falle eines Waldbrandes von der Arbeit beurlaubt werden und gegen Prämien am Kampf teilnehmen. Zwar ist ihre technische Ausbildung unvollkommen, doch sind sie von Jugend an mit der Waldbrandbekämpfung vertraut. Außerdem verfügen sie über eine gründliche Kenntnis des Geländes.
- Die dritte Gruppe bilden die 750 ehemaligen 'harkis', die hauptsächlich die einfachen, aber körperlich anstrengenden Arbeiten durchführen. Da sie sich permanent im Wald aufhalten, können sie unverzüglich per Funk zum Orte des Waldbrandes dirigiert werden.
- Das Militär wird nur bei Großbränden zu Hilfe gerufen. Allerdings sind die meisten Soldaten unerfahren im Kampf gegen Waldbrände. Lohnenswert ist lediglich der Einsatz von Pionieren und von Einheiten der Fremdenlegion, die unweit Marseille stationiert ist.
- Gendarmerie und Sicherheitspolizei sind indirekt an der Waldbrandbekämpfung beteiligt, indem sie Straßen sperren, Evakuierungen vornehmen etc.

Neben dem Personal steht ein umfangreiches Material zur Verfügung, das laufend verbessert wird:

- Einfache Werkzeuge wie Hacken, Schaufeln, Motorsägen und tragbare Feuerlöscher. Mit diesem Gerät werden die ehemaligen 'harkis' ausgerüstet.

- Chemische Bekämpfungsmittel, die dem Wasser beigefügt werden. Sie verbessern seine Löscheigenschaften in mehrfacher Hinsicht: erstens vergrößern sie die Viskosität des Wassers, so daß es an der Vegetation haftet und nur langsam abfließt; zweitens reduzieren sie die Verdunstung, und drittens wirken sie als Antikatalysatoren der Verbrennung entgegen.

- Ein Fahrzeugpark, der vom Jeep bis zum schweren Tankwagen reicht. Fast alle Fahrzeuge sind geländegängig, und fast alle haben Funkgeräte (Bild 41, S. 242).

- Leichte und schwere Hubschrauber, die der Aufklärung und dem Transport von Mannschaften und Wasserbehältern dienen.

- Eine Schwadron von Löschflugzeugen, die sogenannten 'Canadairs' (Bild 42, S. 242).

  Die zweimotorigen Flugzeuge stammen aus Kanada; in der seenreichen, aber unzugänglichen Waldlandschaft finden sie ihre optimalen Einsatzmöglichkeiten: im Tiefflug schießen die 'Canadairs' über die Wasseroberfläche hinweg und füllen in wenigen Sekunden ihre Tanks mit Wasser; sodann attackieren sie das Feuer aus der Luft und lassen aus etwa 30 m Höhe die Wasserladung ab.

  Auch in der südlichen Provence, deren Wälder zwar besser als die kanadischen, aber dennoch ungenügend erschlossen sind, haben sich die 'Canadairs' bewährt. Sie schöpfen das Wasser aus dem Mittelmeer, das von jedem Waldbrandort in wenigen Flugminuten zu erreichen ist. Ob das Meerwasser eine Bodenversalzung herbeiführt, bleibt dahingestellt.

  Allerdings wird der Einsatz durch heftigen Wind und starke Dünung, die an Waldbrandtagen nicht selten sind, eingeschränkt; so konnten die 'Canadairs' beim geschilderten Großbrand in den Maures (15. - 17.7.1970) erst vom zweiten Tag an fliegen.

Abschließend soll die Organisation der Brandbekämpfung in großen Zügen beschrieben werden.

Nach dem Gesetz (Code Forestier; Art. 184) trägt der Bürgermeister die Verantwortung für den Kampf; sind mehrere Gemeinden vom Waldbrand heimgesucht, geht sie in die Hände des Präfekten über.

In der Praxis wird die Verantwortung an die departementale Feuerwehr delegiert, eine moralische und finanziell autonome Person. Sie hat ihren Sitz in Marseille bzw. in Draguignan und Nizza. Als zentrale Befehlsstelle empfängt sie alle Informationen, die den aktiven Kampf betreffen, wie sie auch alle Entscheidungen fällt. Sie steht auf mehreren Frequenzen im ständigen Funkkontakt mit Wachttürmen, Patrouillen, Gendarmerie, Bürgermeisterei, Rundfunk und Militär; sie ist stets im Bilde über die Einsatzbereitschaft der Fahrzeuge, Flugzeuge und Mannschaften sowie über den jeweiligen Standort der 'harkis'-Kolonnen. Mit Hilfe eines Kleincomputers wird der optimale und rentable Einsatz der verschiedenen Kampfesmittel berechnet. Ferner steuert die zentrale Befehlsstelle den Nachschub von Wasser, Treibstoff und Proviant.

Die zweite wichtige Instanz ist die Kampfesleitung, die sich im Gelände, meistens auf einem Hubschrauberlandeplatz in der Nähe des Waldbrandes, einrichtet. Von dort lenkt sie die einzelnen Operationen nach strategischen, taktischen und technischen Gesichtspunkten.

Diese Maßnahmen in einer geographischen Arbeit im Einzelnen zu erläutern, erscheint uns unangebracht; es sei verwiesen auf die Fachzeitschriften der Protection Civile (Bulletin d'Information N° 1 - 15), auf die Kampffibel des Feuerwehrdienstes (S.D.I.S. 1970) und auf eine Dissertation der Technischen Universität von Marseille (DROUET 1972).

6.9 Die Wiederaufforstung

Es wäre verfrüht, in der südlichen Provence umfangreiche Wiederaufforstungen einzuleiten, solange nicht die Schutzeinrichtungen fertiggestellt sind. Und so erstaunt es nicht, daß die provenzalische Forstwirtschaft ihre Anstrengungen und finanziellen Mittel voll und ganz auf die Schutzeinrichtungen konzentriert, während sie die Wiederaufforstung hintanstellt. Nur in wenigen Arboreta, die von der Station Expérimentale des Maures betreut werden, sowie in einigen Hainen der Schutzzonen Calanques - Ste.Baume und Maures sind die ersten Wiederaufforstungen angelaufen (Bilder 43, 44, 45, 46; S. 243 und 244).

Die Versuche verfolgen das Ziel, Holzarten zu finden, die den jeweiligen ökologischen Verhältnissen entsprechen, die den Ansprüchen von Produktion, Protektion und Rekreation gerecht werden und die einem Waldbrand Widerstand leisten.

Viele Forstleute und Botaniker halten den ursprünglichen bzw. den Klimaxwald für optimal. Sie fordern eine Rückkehr zu den autochthonen Laubhochwäldern von Steineiche, Korkeiche, Flaumeiche und Eßkastanie.

Ohne Zweifel sind die Laubhochwälder am besten den ökologischen Verhältnissen angepaßt, wie es die Spontaneität der Steineichenwälder in Naturschutzgebieten anzeigt; sicherlich sind sie am ehesten gegen Waldbrand, Krankheiten und negative Einflüsse des Menschen gefeit, wie es das Überleben einiger ursprünglicher Laubhochwälder bezeugt. Man sollte also tunlichst die Laubhochwälder propagieren, bzw. die bestehenden Niederwälder in Hochwälder überführen.

Das bedeutet für die kristalline Niederprovence: Eßkastanien auf den Schattenhängen, Korkeichen auf den Sonnenhängen.

In der Kalkniederprovence, wo diese beiden Holzarten nicht vertreten sind, wird man die Steineiche und, in den höhergelegenen Gebieten,die Flaumeiche ausdehnen. Vielleicht sollte man auch den Zürgelbaum, der bis heute nur an Straßen und Plätzen anzutreffen ist, bei der Wiederaufforstung berücksichtigen. Sein mächtiges und dichtes Laubwerk würde das brandförderliche Unterholz eliminieren.

Die Ausbreitung der Laubhochwälder wid allerdings durch zwei Hindernisse erschwert: erstens sind die Böden vielerorts nicht tief genug, zweitens wachsen die einheimischen Laubhölzer so langsam - Eßkastanien und mediterrane Eichen benötigen 120 Jahre bis zur Hiebreife, die Seestrandkiefer hingegen 60 Jahre - daß sie den privaten Waldbesitzern, denen 77 % des Waldes gehören, als unrentabel erscheinen.

Folglich werden häufig die genügsamen und schnellwüchsigen Nadelhölzer, obschon sie leicht in Brand geraten, bei der Wiederaufforstung bevorzugt. So bemüht sich die Gemeinde La Ciotat, die einen Teil ihres Waldes durch wiederholte Brände verloren hat, um eine rasche Wiederaufforstung, weil der fehlende Wald dem Ruf als Fremdenverkehrsgemeinde schadet. Es werden aber nicht Steineichen angepflanzt, sondern Aleppokiefern und Schirmpinien. Als Grund war zu erfahren, daß die Gemeinde nicht eine 'Ewigkeit' warten könne, bis die Eichen heranwüchsen, zumal diese in ihrer Entwicklung durch die spontanen, schneller wachsenden Sträucher gehemmt würden. Da außerdem keine Gelder für die Unterhaltung der Pflanzung vorgesehen seien, habe man die schnellwüchsigen und anspruchslosen Aleppokiefern gewählt. Für die Schirmpinien habe man sich wegen ihres dekorativen Aussehens entschieden.

Auf der Suche nach geeigneten Holzarten für die Wiederaufforstung hat man auch exotische Hölzer in Betracht gezogen.

Zunächst einmal die nordamerikanischen Roteichen (Quercus borealis, Q. palustris, Q. coccinea), die in der Schutzzone Calanques - Ste.Baume angepflanzt werden. Sie wachsen weitaus schneller als die einheimischen Eichen; außerdem verspricht man sich von ihnen, daß sie durch ihre lebhafte herbstliche Laubverfärbung das vorherrschende Grün auflokkern.

Ebenfalls aus Nordamerika stammt ein weiterer Baum, der dank seines Schnellwuchses in der Jugend die konkurrierenden Sträucher unterdrücken soll: die Robinie (Robinia pseudacacia), benannt nach Robin, Hofgärtner unter Heinrich IV. von Frankreich). Sie wird für die forstlichen Brandriegel verwendet; und auch sie wird den rekreativen Wert des provenzalischen Waldes - dieser Gesichtspunkt ist immer wieder zu betonen - durch ihre duftenden Blüten steigern.

Von den Antipoden, aus Neusüdwales und Tasmanien, wurden 1955 verschiedene Eukalyptusarten in die südliche Provence eingeführt. Vorher gab es Eukalypten lediglich als Alleebäume. Es ging ihnen der Ruf voraus, daß sie auf Grund ihrer enormen Wuchsleistungen die Produktivität des provenzalischen Waldes erheblich steigern würden.

Die bisherigen Erfahrungen (FERRANDES 1970) zeigen jedoch, daß die meisten Arten ungeeignet sind. Ihre Frostempfindlichkeit läßt die Einbürgerung scheitern; bei wenigen Kältegraden erfrieren die Eukalypten. Nur vier Arten, E. macarthuri, E. dalrympleana, E. gigantea und E. gunnii, überlebten die Winter 1956, 1963 und 1969, in denen das Thermometer unter -15° fiel.

Eine zweite Schwierigkeit liegt in der Reaktion der Eukalypten auf das Kalksubstrat; sie neigen zu starker Chlorose (d.i. mangelnde Ausbildung des Blattgrüns) und zeigen ein kümmerliches Wachstum.

Nur auf kalkfreien und tiefgründigen Böden erzielen die vier genannten Arten die gewünschten Wuchsleistungen, die in der Tat mit 30 Festmetern pro Hektar und Jahr Erstaunen hervorrufen (Bild 47, S. 245). Inwieweit sie den Boden erschöpfen, bleibt abzuwarten.

Während die Eukalypten in Frankreich nicht über die Provence und Korsika hinaus verbreitet werden können, erfahren sie in den anderen Mittelmeerländern eine weite Ausdehnung (METRO 1970). Insgesamt 600 000 ha gibt es zwischen Portugal und Israel mit einem Schwergewicht auf der Iberischen Halbinsel. Die 'Plantagen' gruppieren sich gern um bestehende oder geplante Zellulosefabriken.

Bei den rezenten Wiederaufforstungen im Maghreb nehmen die Eukalypten unter den ausländischen Arten den ersten Platz ein (MÜLLER-HOHENSTEIN 1971).

Neben den exotischen Laubhölzern werden in der Station Expérimentale des Maures auch fremdländische Nadelhölzer auf ihre Verwendbarkeit getestet.

Im Jahre 1970 legte man die erste Pflanzung mit mediterranen Tannen an (Abies nordmanniana, A. cephalonica, A. pinsapo, A. numidica, A. cilicica). Diese Hölzer stammen aus den Gebirgslandschaften, die das Mittelmeerbecken umrahmen: Pontisches Gebirge, Peloponnes, Sierra Nevada, Tell-Atlas und Kilikien. Von daher sind sie sowohl gegen die sommerliche Trockenheit als auch gegen die winterlichen Frostperioden resistent. Sie empfehlen sich für die Wiederaufforstung in der submediterranen Stufe.

Ebenfalls in der submediterranen Etage, auf einem Versuchsfeld in der Schutzzone Maures, untersucht man verschiedene Provenienzen der Douglasie (Pseudotsuga menziesii) auf ihre intraspezifischen Unterschiede hin: Resistenz gegen Dürre, Beginn der Vegetationsperiode (Frühtreiber sind wegen der Spätfrostgefahr unerwünscht), Wuchskraft und Aussehen (BIROT u. FERRANDES 1972).

Ohne ein voreiliges Urteil zu fällen, kann man nach fünfjähriger Probezeit feststellen, daß die Herkünfte aus dem

kalifornischen Binnenland die beste Anpassungsfähigkeit besitzen. Die übrigen Provenienzen aus Oregon, Washington und Britisch-Kolumbien sind in den trockenen Sommern 1970 und 1971 zu einem großen Teil eingegangen.

Noch ist es ungewiß, ob die sturmempfindlichen Douglasien (flachstreichende Herzwurzeln) den Angriffen des Mistrals standhalten.

Besondere Aufmerksamkeit verdient die Arizonazypresse (Cupressus arizonica); sie wird mehr und mehr propagiert, weil sie der autochthonen Cupressus sempervirens in mancher Hinsicht überlegen ist: aus ihrer Heimat Arizona, wo sie im Hochgebirge wächst, kennt sie Kälte und Trockenheit. Sie verträgt -25°, so daß sie nicht nur wie C. sempervirens in der eumediterranen, sondern auch in der submediterranen Stufe gedeihen kann. Ein weiterer Trumpf ist ihre Anspruchslosigkeit an den Boden; während C. sempervirens ziemlich tiefe Böden verlangt, begnügt sich C. arizonica mit den Skelettböden, wie sie im Untersuchungsgebiet nicht selten sind. Ein dritter Vorzug liegt darin, daß sie schneller wächst als C. sempervirens.

Die heimische Zypresse, klassisches Emblem mediterraner Landschaften, wird also an Terrain verlieren, zumal die Bestände in der Provence zur Zeit von einer Krankheit befallen sind, wie man an der Mistralhecke längs der Nationalstraße 113 zwischen St. Martin de Crau und Salon de Provence beobachten kann.

Die Arizonazypressen werden vornehmlich entlang der forstlichen Brandriegel angepflanzt, um die in 6.4 geschilderten Schutzaufgaben zu erfüllen.

Zu guter Letzt sei auf die Wiederaufforstungsversuche mit Atlaszedern (Cedrus atlantica) hingewiesen, die unlängst begonnen haben. Es ist zu erhoffen, daß den jungen Pflan-

zungen, die in der Etage der Flaumeiche angelegt werden, ähnliche Erfolge beschieden sind wie den inzwischen hundertjährigen Beständen am Mont Ventoux und in der Montagne du Lubéron. (Beide Gebirge liegen außerhalb des Untersuchungsgebietes in der nördlichen Provence.) Dort gewinnt man den Eindruck, daß nicht künstliche Forsten geschaffen wurden, sondern echte und stabile Vegetationsassoziationen (Bild 48, S. 245).

Vielfältig sind die Vorteile der Atlaszedern: ihre Fruchtbarkeit, Dynamik und hohe Lebenserwartung garantieren ihnen in der submediterranen Zone die Vorherrschaft über die minderwertigen Flaumeichenniederwälder und die mageren Kiefernbestände; die geraden und hohen Stämme sind als Bauholz interessant; das starke Wurzelwerk schützt den Boden gegen die Erosion; die kräftigen Wipfel überstehen den Mistral ohne Schaden; der erhabene Wuchs, die bemerkenswerte Silhouette sowie der bläuliche Teint machen die Zedern zu einer Attraktion für die Touristen. Schließlich sind die ausgewachsenen Bäume nahezu feuerresistent und können nach einem Brand für eine natürliche Regeneration des Bestandes sorgen (TOTH 1970).

Es ist deutlich geworden, daß die ersten Schritte zur Rekonstitution des provenzalischen Waldes getan sind. Bei der Auswahl der Holzarten, die für die Wiederaufforstung in Frage kommen, treten zahlreiche Probleme auf, hervorgerufen durch die ökologischen Bedingungen einerseits und durch die Ansprüche des Menschen andererseits. Es gibt keinen 'Wunderbaum', der auf jedem Standort zurechtkommt, die Bodenbildung fördert, schnell wächst, nicht brennt und dekorativ aussieht. Daher müssen von Fall zu Fall Kompromisse eingegangen werden.

Aus demselben Grunde kann man nicht die einheimischen Laubhölzer in Bausch und Bogen propagieren und Nadelhölzer

sowie Exoten rundweg ablehnen. Wenn auch auf lange Sicht der autochthone Laubhochwald am besten erscheint, haben andere Forstgesellschaften als Vorwald durchaus ihre Berechtigung. Es ist z.B. möglich, eine Garrigue mit Aleppokiefern aufzuforsten und anschließend Eicheln einzusäen. Die Aleppokiefern, die für geraume Zeit dominieren würden, könnten die vordringlichen Aufgaben, wie Bodenkonservierung, Verschönerung des Landschaftsbildes etc. erfüllen. Nach und nach würden sie durch die Eichen, die ihrerseits in keiner Weise durch die dominierenden Aleppokiefern beeinträchtigt werden, abgelöst.

Ebenso wie sich die regressive Entwicklung des provenzalischen Waldes in mehreren Etappen vollzogen hat, wird auch die progressive Sukzession mehrere Stadien durchlaufen, bis ein vollwertiger Klimaxwald erreicht ist.

L I T E R A T U R

ALLARD, F. Les forêts et le régime forestier en Provence. Diss. Paris 1901. 245 S.

ANTONI, M. Défense des forêts contre l'incendie. Paris 1923. 110 S.

ARLERY, R. The climate of France, Belgium, The Netherlands and Luxembourg. In: C.C. WALLEN (Hrsg.) Climate of northern and western Europe. Amsterdam 1970. S. 135-161

BAHRENBERG, G. u. E. GIESE. Statistische Methoden und ihre Anwendung in der Geographie. Masch. vervielf. Münster 1972. 328 S.

BARROWS, J.S. Weather modification and the prevention of lightning - caused forest fires. In: W.R. SEWELL (Hrsg.) Human dimensions of weather modification. Chicago 1966. S. 169 - 182

BARTELS, D. Das Maures-Bergland. Ein nordmediterranes Mittelgebirge in seinen Wandlungen. Wiesbaden 1964. 41 S.

BASSET-TERRUSSE, A. u. L. LABOISSETTE. Aperçu sur quelques vents régionaux et locaux. Bull. Commiss. Météor. Alpes-Maritimes 1963. S. 28 - 32

BAUCHE, A. La forêt et les loisirs. Essai de recherche en Basse-Provence et Côte d'Azur. Examensarbeit. Aix-en-Provence 1969. 246 S.

BAUMGARTNER, A. Waldbrände in Bayern im Jahre 1950. Allg. Forstzeitschr. 6, 1951. S. 142 - 144

BAUMGARTNER, A. u. L. KLEMMER. Waldbrände in Bayern 1950 - 1959. Sonderdruck aus: Allg. Forstzeitschr. 1967. 4 S.

BENEVENT, E. Bora et Mistral. Ann. de Géogr. 39, 1930. S. 286 - 298

BERENGER, M. Essai d'étude météorologique du bassin méditerranéen. Mém. Météor. Nat. 40, 1955. 41 S.

BERNIER, G.-H. La protection des forêts contre le feu. Quebec 1965. 240 S.

BIROT, Y. u. P. FERRANDES. Quelques aspects de la variabilité intraspécifique du douglas introduit en zone méditerranéenne. Ann.Sci.forest.29, 1972. S.335-351

BLANCHARD, R. Le comté de Nice. Etude géographique. Paris 1960. 232 S.

BLANCHARD, R. Le climat des Alpes-Maritimes. In: France méridionale et Pays Ibériques, Bd. 1. Toulouse 1948. S. 129 - 152

BLÜTHGEN, J. Synoptische Klimageographie. Geogr. Zeitschr.53, 1965. S. 10 - 51

BLÜTHGEN, J. Allgemeine Klimageographie. Berlin 1966^2. 720 S.

BLÜTHGEN, J. u. H.-W. WINDHORST. Methodische Betrachtungen zur Forstgeographie. Ber. z. dt. Landeskunde 44, 1970. S. 267 - 292

BORDREUIL, C. Vents de nord-ouest et 'mistral' à Marseille de 1882 à 1970. Masch.vervielf. Marignane 1972. 25 S.

BORDREUIL, C., R. LOMBARDO u. A. ORIEUX. L'assistance météorologique dans la lutte contre les incendies de forêts. Ann. Sci. forest. 21, 1964. S. 175 - 203

BOYER, F., A. ORIEUX u. E. POUGET. Le mistral en Provence occidentale. Monogr. Météor. Nat. 79, 1970. 25 S.

BRAUN-BLANQUET, J. La chênaie d'Yeuse méditerranéenne. Monographie phytosociologique. Mém. Soc. Etud. Sci. Nat. Nîmes 5, 1936. S. 1 - 147

BRAUN-BLANQUET, J., N. ROUSSINE u. R. NEGRE. Les groupements végétaux de la France méditeranéenne. Centre Nat. Rech. Sci. 1951. 297 S.

BUCHER, M. Lutte contre l'érosion dans le Bassin du Paillon. Bull. du Comité des Forêts 105, 1972. S. 35 - 42

CARMANTRAND, R. de. Le pin d'Alep dans la région méditerranéenne. Rev. Eaux et Forêts 1940. S. 223 - 237

CARRERE, P. u. R. DUGRAND. La région méditerranéenne. Press. Univ. de France. Paris 1967. 160 S.

C.E.R.A.F.E.R. Mémoire pour l'élaboration d'une doctrine concernant l'équipement en réseaux pare-feu, des forêts de la zone rouge méditerranéenne. Masch. vervielf. Aix-en-Provence 1971. 17 S.

C.E.R.A.F.E.R. Recherches bibliographiques. Nr. 1 - 4. Masch. vervielf. Aix-en-Provence 1971 u. 1972. 105 S.

CHABOT, G. Géographie de la France. Paris 1969^2. 433 S.

CHAUTRAND, L. Pour la défense des forêts contre les incendies en Provence: le secteur pilote des Maures. Rev. forest. franç. 1967. S. 386 - 396

CHAUTRAND, L. La forêt des Maures. Rev. forest. franç. 1970 S. 235 - 239

C.N.R.S. Carte climatique détaillée de la France. Bl. Nizza 1972 u. Bl. Marseille 1973

COLONNA, J.-M. Quelques aspects de la biogéographie de l'Estérel. Examensarbeit. Nizza 1970. 68 S.

CORDESSE, G. Inflammabilité de la végétation du bord des routes. Bull. Inf. Protection Civile 5, 1967. S.2-5

CROISE, S. L'économie forestière du secteur pilote des Maures. Examensarbeit. Aix-en-Provence 1967. 157 S.

C.R.P.F. Guide du propriétaire sylviculteur). Masch. vervielf Marseille 1972. 117 S.

C.R.P.F. Orientations forestières régionales de Provence - Côte d'Azur et de Corse. Masch. vervielf. Marseille 1972. 153 S.

DARCHEN, J. Eléments climatologiques concernant les côtes de la France métropolitaine. Monogr. Météor. Nat. 59, 1967. 139 S.

DARCHEN, J. u. A. de BLOCK. Le vent sur les côtes de la France métropolitaine. Monogr. Météor. Nat. 62, 1968 96 S.

DAVIS, K.-P. Forest-fire: control and use. New York, Toronto u. London 1959. 584 S.

D.D.A. des ALPES-MARITIMES. Réflexions pour un livre vert. Nizza 1971. 42 S.

D.D.A. des ALPES-Maritimes. La restauration des terrains en montagne dans les Alpes-Maritimes. Bd. 2: La forêt des Alpes-Maritimes. Masch. vervielf. Nizza 1971. 83 S.

D.D.A. des BOUCHES-DU-RHONE. Calanques - Sainte Baume. Bd.1: Etude générale; Bd. 2: Plans de défense et d'équipement forestier. Marseille 1971. 192 S.

D.D.A. du VAR. Généralités sur la forêt varoise. Masch. vervielf. Draguignan 1970. 5 S.

D.D.A. du VAR. Généralités sur les incendies de forêt dans le département du Var. Masch.vervielf.Draguignan 1971. 30 S.

D.D.A. du VAR. Les périmètres de protection et de reconstitution de la forêt méditerranéenne dans le massif des Maures. Masch. vervielf. Draguignan 1972. 8 S.

DEUTSCHER WETTERDIENST. Täglicher Wetterbericht. Jg. 1961 - 1970

DEUTSCHER WETTERDIENST. Die Großwetterlagen Europas. Jg. 1961 - 1970

DEUTSCHER WETTERDIENST. Wetterkarte des Seewetteramtes. Jg. 1961 - 1970

DROUET, J. C. Etude théorique de la lutte contre les feux de forêts. Diss. Marseille 1972. 409 S.

DUGELAY, M. Le Matsucoccus feytaudi. Bull. du Comité des Forêts 105, 1972. S. 149 - 154

DUGELAY, M. Sur un cas juridique pastoral particulier: les droits de bandite de l'ancien Comté de Nice. Bull. Féd. Franc. Econ. Mont. 10, 1956 - 1960. S. 303-316

DUGELAY, M. L'Ostrya carpinifolia. Bull. du Comité des Forêts 105, 1972. S. 57 - 61

DURAND, R. La garrigue montpelliéraine. Essai d'explication d'un paysage. Press. Univ. de France. Paris 1964. 292 S.

ELLIS, G. R. One week at Laguna. A fire-weather forecaster recalls his experiences during the battle against a 185 000 acre blaze. U.S. Dep. of Commerce, National Oceanic and Atmospherie Administr. 1, 1971. S. 46-49

ENNEVAARA, P. Forest fire statistics in the northern countries. Commun. Inst. For. Fenn. Helsinki 55, 1962. 10 S.

ESPIE, L. Etude sur la température exceptionelle enregistrée à la station Toulon la Mitre le 2 août 1964. Bull. Etud. Clim. Var 1964. S. 37 - 44

F.A.O. La lutte contre les incendies de forêts. Rom 1954. 126 S.

F.A.O. Voyages d'études en France dans la région provençale. Ed. École Nat. des Eaux et Forêts. Nancy 1957. 423 S.

FERRANDES, P. Les eucalyptus en zone méditerranéenne française. Rev. forest. franç. 1970. S. 371 - 377

FICKER, H. von u. B. de RUDDER. Föhn und Föhnwirkungen. Probl. d. Bioklimatol. Bd. 1 Leipzig 1948^2 . 114 S.

FLAHAULT, Ch. u. H. GAUSSEN. La distribution géographique des végétaux dans la région méditerranéenne française. Paris 1937. 178 S.

FLIRI, F. Statistik und Diagramm. Braunschweig 1969. 82 S.

FLOHN, H. Arbeiten zur allgemeinen Klimatologie. Darmstadt 1971. 319 S.

FLOHN, H. Zur Kenntnis des jährlichen Ablaufs der Witterung im Mittelmeergebiet. Geofisica pura e appl. 13, 1948. S. 167 - 188

FONTNOIRE, J. Le châtaignier. La forêt privée française 80, 1971. S. 43 - 49

FUCKNER, H. Riviera und Côte d'Azur - mittelmeerische Küstenlandschaften zwischen Arno und Rhone. Mitt. Fränk. Geogr. Ges. 10, 1963. S. 39 - 68

FUQUAY, D.M. Weather modification and forest fires. In: R.H. SHAW (Hrsg.) Ground level climatology. Washington 1970[2] . S. 309 - 325

GALZI, L. Contribution à l'étude du Mistral. La Météorologie 1952. S. 7 - 23

GALZI, L. Les incendies de forêts dans les Alpes-Maritimes en 1957. La Météorologie 1958. S. 59 - 67

GALZI, L. u. A. BASSET-TERUSSE. Climatologie de l'aerodrome de Nice - Côte d'Azur. Monogr. Météor. Nat. 35, 1964. 28 S.

GARNIER, M. Climatologie de la France. Sélection de données statistiques. Mém. Météor. Nat. 50, 1967. 290 S.

GARNIER, M. Climatologie de la France. Eléments de la variation diurne. Mém. Météor. Nat. 51, 1966. 147 S.

GAUSSEN, H. Carte floristique de la France. Ann. de Géogr. 47, 1938. S. 237 - 256

GAUSSEN, H. Etages et zones de végétation de la France. Ann. de Géogr. 47, 1938. S. 463 - 487

GEIGER, R. Neue Unterlagen für eine Waldbrandbekämpfung. 2. Teil: Die Witterungsbedingungen für Waldgroßbrände. Mitt. Reichsinst. f. Forst- und Holzwirtschaft 5, 1948. 11 S.

GEIGER, R. Wetterlage und Waldbrand. Forstwiss. Centralbl. 73, 1954. S. 8 - 10

GEIGER, R. Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1961⁴. 646 S.

GEORGE, P. Anciennes et nouvelles forêts en région méditerranéenne. Etud. Rhod. 9, 1933. S. 85 - 120

GEORGE, P. Les sols et les forêts en région méditerranéenne, d'après quelques travaux récents. Ann. de Géogr. 42, 1933. S. 194 - 199

GIAO, A. Climatologie dynamique de la France et des régions avoisinantes. Arquivo do Instituto Gulbenkian de Ciencia Lisboa 4, 1966. 65 S.

GILBERT, J.M. Forest succession in the Florentine Valley. Tasmania Proc. Roy. Soc. 93, 1959. S. 129 - 151

GRANDJOT, W. Reiseführer durch das Pflanzenreich der Mittelmeerländer. Bonn 1962. 214 S.

HAUDENSCHILD, U. Verhaltensweise einiger Baumarten bei Waldbränden im Gebiete von Locarno. Bündner Wald 26, 1973. S. 5 - 9

HERVE, P. Réflexions d'un naturaliste sur le projet de multiplication des 'lacs collinaires' dans le département du Var. Riviéra Scientifique, fasc. 2, 1971. S. 26 - 30

HESS, P. u. H. BREZOWSKY. Katalog der Großwetterlagen Europas. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 113, Bd. 15. Offenbach 1969². 56 S.

HÖGBOM, A.G. Om skogseldar förr och nu och deras roll i skogarnas utvecklingshistoria. Norrlands handbibl. 13, 1934. 101 S.

HOUSTON, J.M. The western mediterranean world. London 1964. 800 S.

I.N.S.E.E. Annuaire statistique de la France. Paris 1972. 750 S.

KAISER, H.J. Statistischer Grundkurs. Eine Einführung in die deskriptiven Techniken statistischer Analyse. München 1972. 158 S.

KÄSE, H. Ein Vorschlag für eine Methode zur Bestimmung und Vorhersage der Waldbrandgefährdung mit Hilfe komplexer Kennziffern. Abh. Meteor. Dienst DDR 12, 1969. 68 S.

KÄSE, H. Die komplexe meteorologische Betreuung der Forstwirtschaft auf dem Sektor Waldbrandverhütung. Zeitschr. f. Meteor. 21, 1970. S. 161 - 164

KLASEN, J. Frankreich. Geogr. Taschenbuch 1970/72. S. 146 - 176

KÖPPERN, E. Die Provence. Eine landeskundliche Skizze. Examensarbeit. Münster 1954. 109 S.

KRUEGER, D.W. Radar meteorology as a modern tool for forest fire protection. Nat. Weather Serv. Off. Atlantic City 1971. Masch. vervielf. 8 S.

KÜHNHOLTZ-LORDAT, G. La terre incendiée. Essai d'agronomie comparée. Ed. La Maison Carrée. Nîmes 1938. 361 S.

KÜHNHOLTZ-LORDAT, G. L'écran vert. Mém. Mus. Hist. Nat. 9, 1958. 276 S.

LASRY, A. Le climat de Saint-Raphael. Examensarbeit. Aix-en-Provence 1966. 71 S.

LIEBENEINER, E. Waldbrandabwehr in den Landes der Gascogne. Holz-Zentralbl. 85, 1959. S. 1298 - 1300

LIEUTAGHI, P. L'environnement végétal. Neuchâtel 1972.317 S.

LINCKE, G. Kaltlufteinbrüche im westlichen Mittelmeerraum. Diss. Berlin 1939. 109 S.

LINDER, A. Statistische Methoden. Basel 1964⁴. 484 S.

LOUIS, R. Variations brusques de température dans les Alpes-Maritimes. Bull. Commiss. Météor. Alpes-Maritimes 1962. S. 26 - 29

LOUIS, R. Essai de classification des climats des Alpes-Maritimes. Bull. Commiss. Météor. Alpes-Maritimes 1966. S. 29 - 30

MANTEL, W. Wald und Forst. Hamburg 1961. 149 S.

MARKGRAF, H. Klimatologie des Mittelmeeres. Teil 2: Temperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel. Einzelveröff. Dt. Wetterd. Seewetteramt 37, 1963. S. 101 - 222

MARTONNE, E. de. Géographie physique de la France. Paris 1942. 463 S.

METEOROLOGICAL OFFICE. Weather in the Mediterranean. London 1962 . Bd. 1: 362 S.; Bd. 2: 372 S.

METEOR. NAT. Le quart sud-est français. Not. Instr. Techn. Masch. vervielf. Paris 1954. 36 S.

METEOR. NAT. Note sur les vents forts en France. Not. Instr. Techn. Masch. vervielf. Paris 1961. 7 S.

METEOR. NAT. Données statistiques sur les éléments météorologiques en altitude, Bd. 5: Nîmes. Masch. vervielf. Paris 1961. 108 S.

METEOR. NAT. Tableau climatologique mensuel. Stationen: Le Luc, Marignane, Nice, St.Raphael, Toulon. Jg. 1961 - 1970

METEOR. NAT. Bulletin quotodien d'études. Jg. 1961 - 1970

METEOR. NAT. Atlas climatique de la France. Paris 1969. 17 S., 45 Kt.

METEOR. NAT. Etude des brises. Masch. vervielf. Paris 1971. 18 S.

METEOR. NAT. Valeurs extrêmes en France. Bull. Inf. 16, 1972. S. 38 - 42

METRO, A. Situation générale des plantations d'eucalyptus dans le monde méditerranéen. Rev. forest. franç. 1970. S. 339 - 354

MINISTERE DE L'AGRICULTURE. La forêt française. Nancy 1969. 37 S.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE. Statistique agricole. Bd. 1. Paris 1971. 334 S.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Los incendios forestales en España durante 1970. Masch. vervielf. Madrid 1971. 4 S.

MISSBACH, K. Die Waldbrandstatistik der DDR von 1946 bis 1966. Soz. Forstwirtsch. 19, 1969. S. 71 u. 74-76

MOLINIER, René. Etudes phytosociologiques et écologiques en Provence occidentale. Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille 27, 1934. 273 S.

MOLINIER, René. La flore et la végétation de l'île de Port-Cros. La Terre et la Vie 1, 1963. S. 449 - 454

MOLINIER, René. Le dynamisme de la végétation provençale. Collecteana botanica Barcelona 7, 1968. S. 817 - 844

MOLINIER, René u. Roger MOLINIER. La forêt méditerranéenne en Basse-Provence. Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille 31, 1971. 76 S.

MOLINIER, Roger. La protection de la nature dans le sud-est méditerranéen français. L'Irrigant 52, 1970. S. 12 - 19

MOREL, E. L'incendie de forêt dans le sud-est de la France. Diss. Nizza 1935. 153 S.

MÜLLER, M. Über Strukturveränderungen in Waldgesellschaften der Australischen Alpen als Folge von Buschfeuern. In: R. TÜXEN (Hrsg.) Anthropogene Vegetation. Den Haag 1966. S. 368 - 378

MÜLLER-HOHENSTEIN, K. Ökologische Aspekte der Aufforstungen im westlichen Mittelmeerraum. In: J. SCHMITHÜSEN (Hrsg.) Ökologie der Biosphäre. Den Haag 1972. S. 97 - 117

MUSSET, R. La distribution des pluies en France selon les saisons, avec une carte hors texte. Ann. de Géogr. 52, 1943. S. 264 - 283

NELSON, J.G. u. A.R. BYRNE. Man as an instrument of landscape change. Fires, floods, and national parks in the Bow Valley, Alberta. Geographical Review 56, 1966. S. 226 - 238

NICOD, J. Sur le rôle de l'homme dans la dégradation des sols et du tapis végétal en Basse-Provence. Rev. Géogr. Alp. 1951. S. 709 - 748

NICOD, J. Incendies de forêts en Provence. Bull. Soc. Géogr. Marseille 75, 1964/65. S. 133 - 159

NYENHUIS, G. Die Grenzen des mediterranen Einflusses in Frankreich. Examensarbeit. Münster 1972. 112 S.

OEDEKOVEN, K. Europäische Waldbrandstatistik. Forst- und Holzwirt 1956. S. 141 - 143

OLIVA, M. La forêt du massif des Maures. Examensarbeit. Aix-en-Provence 1966. 122 S.

OLLIER, L. u. A. TASSON. Climatologie de l'aérodrome de Marseille-Marignane. Monogr. Météor. Nat. 41, 1965. 54 S.

OMER, M. Le climat du Luc au Cannet. Examensarbeit. Aix-en-Provence 1964. 44 S.

ORIEUX, A., F. GUIN, E. POUGET, A. BARBIA u. H. SABADEL. Considérations sur le bilan hydrologique, Bd. 2: Torrents méditerranéens. Evapotranspiration et bilan hydrologique. Monogr. Météor. Nat. 37, 1964. S. 13 - 36

ORIEUX, A. Les statistiques d'incendies de forêts d'été en Provence considérées du point de vue météorologique. Bull. Inf. Protection Civile 7, 1968. S. 3 - 26

ORIEUX, A. L'avertissement en vue de la protection contre les incendies de forêts. Bull. Techn. Inf. Min. Agric. 238, 1969. S. 291 - 297

ORIEUX, A. Le problème de l'eau et l'assistance météorologique. Paris 1969. 20 S.

ORIEUX, A. Les conditions météorologiques pendant la période des grands feux de forêts de l'été 1969. Paris 1969. 14 S.

OZENDA, P. Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographiques des Alpes du Sud, Bd. 4. Grenoble 1966. 198 S.

OZENDA, P. u. E. LANDOLT. Zur Vegetation und Flora der Westalpen. Ergebnisse der 14. Internationalen Pflanzengeographischen Exkursion 'IPE' durch die Westalpen. Veröff. Geobotan. Inst. Eidg. Techn. Hochsch. Stiftg. Ruebel 43, 1970. 206 S.

PEDELABORDE, P. Le climat de la Méditerranée occidentale. Mitt. Fränk. Geogr. Ges. 10, 1963. S. 108 - 117

PINCHEMEL, P. La France. Bd. 1: Les conditions naturelles et humanes. Paris 1969[3]. 357 S.

PITOT, A. u. H. MASSON. Quelques données sur la température au cours des feux de brousse aux environs de Dakar. Bull. Inst. Franç. d'Afrique Noire 13, 1951. S. 711 - 732

PLAISANCE, G. Guide des forêts de France. Paris 1961. 413 S.

PLAISANCE, G. Bibliographie forestière française. La forêt privée française, Sondernummer, 1965. 130 S.

PLAISANCE, G. Dictionnaire des forêts. Paris 1969[2]. 228 S.

PLAISANCE, G. Bref historique de la protection de la forêt et de la nature dans le sud-est. Sonderdruck aus: Bull. Soc. Agric. Hortic. Acclim. Var 27, 1970. 9 S.

RIBBE, C. de. La Provence au point de vue des bois, des torrents et des inondations. Les incendies de forêts en Provence. Paris 1857. 206 S.

RIKLI, M. Das Pflanzenkleid der Mittelmeerländer. Bd. 1 - 3. Bern 1943 - 1948. 1418 S.

ROL, R. Les forêts françaises. Ann. de Géogr. 45, 1936. S. 150 - 159

ROL, R. Flore des arbres, arbustes et arbrisseaux, Bd. 4: Essences introduites. Paris 1965. 96 S.

ROL, R. u. M. JACAMON. Flore des arbres, arbustes et arbrisseaux, Bd. 3: Région méditerranéenne. Paris 1968. 96 S.

ROLFS, C. Forstgeographische Untersuchung über die Entstehung von Waldbränden, vorwiegend am Beispiel Niedersachsens. Examensarbeit. Münster 1972. 120 S.

ROUGETET, E. Le minimum barométrique de Saint-Raphael. La Météorologie 1948. S. 71 - 77

ROUGETET, E. Le climat varois. Bull. Etud. Clim. Var 1963. S. 48 - 53

ROVESTI, P. Situations d'ondes au-dessus des Alpes par foehn du nord. Schweizer Aero-Rev. 39, 1964. S. 566 - 568

RUBNER, K. u. F. Reinhold. Das natürliche Waldbild Europas. Berlin 1953. 288 S.

SAINCTYON, de. Les édicts et ordonnances des roys. Reglemens arrests et jvgemens notables des eaves et forets. Paris 1610. 1136 S.

SCHMITHÜSEN, J. Allgemeine Vegetationsgeographie. Berlin 1968³. 463 S.

SCLAFERT, T. A propos du déboisement des Alpes du Sud. Ann. de Géogr. 42, 1933. S. 266 - 277 u. 350-360

SCLAFERT, T. A propos du déboisement des Alpes du Sud. Le rôle des troupeaux. Ann. de Geogr. 43, 1934. S. 126 - 145

SERVICE DEPARTEMENTAL D'INCENDIE. Plan de lutte contre les incendies de forêts. Masch. vervielf. Draguignan 1970. 124 S.

SERVICE REGIONAL DE L'EQUIPEMENT. Schema d'un aménagement du littoral de Provence - Côte d'Azur. 3 Bde. Marseille 1971. 279 S.

SINGER, S.F. Forest fire detection from satellites. US - Journ. Forestry 60, 1962. S. 860 - 862

SION, J. La France méditerranéenne. Paris 1932. 222 S.

SÖLL, L. Die Bezeichnungen für den Wald in den romanischen Sprachen. Münchener Romanistische Arbeiten 25, 1967. 459 S.

S.R.A.F. Statistique forestière régionale. Masch. vervielf. Marseille 1971. 8 S.

S.R.A.F. Exposé général sur la protection des forêts contre l'incendie en Provence - Côte d'Azur. Masch. vervielf. Marseille 1971. 11 S.

S.R.A.F. L'incendie de forêt en Provence - Côte d'Azur. Masch. vervielf. Marseille 1971. 21 S.

STEWART, O.C. Burning and Natural Vegetation in the United States. Geographical Review 41, 1951. S. 317 - 320

STEWART, O.C. Fire as the first great force employed by man. In: W.T.THOMAS (Hrsg.) Man's role in changing the face of the earth. Chicago 1965[5]. S. 115 - 133

STRASBURGER, E. Streifzüge an der Riviera. Jena 1913[3]. 581S.

SWEENEY, J.R. Responses of vegetation to fire. A study of the herbaceous vegetation following chaparral fires. Univ. Calif. Pr. Berkeley 1956. S. 143-249

TALL TIMBERS RESEARCH STATION. Proceedings of the tall timbers fire ecology conference. Bd. 1 - 12. Tallahassee/Florida 1962 - 72.

TAYLOR, R.J. A meso-meteorological investigation of five forest fires. Techn. Pap. Commonw. Sci. Ind. Res. Organiz. Div. Meteor. Phys. Melbourne 18, 1968 19 S.

TAYLOR, R.J. Some meteorological aspects of three intense forest fires. Techn. Pap. Commonw. Sci. Ind. Res. Organiz. Div. Meteor. Phys. Melbourne 21, 1971. 20 S.

TOTH, J. Plus que centenaire et plein d'avenir: le cèdre en France. Rev. forest. franç.1970. S. 355 - 369

TRABAUD, L. Quelques valeurs et observations sur la phytodynamique des surfaces incendiées dans le Bas-Languedoc. Naturalia monspeliensia, Serie Bot. 21, 1970. S. 231 - 242

TRABAUD, L. Le comportement du feu dans les incendies de forêts. Sonderdruck aus: Rev. Techn. du Feu 103, 1970. 15 S.

TRABAUD, L. Les combustibles végétaux dans le département de l'Hérault. Montpellier 1971. 78 S.

UGGLA, E. Skogsbrandfält i Muddus nationalpark. Acta Phytogeogr. Suec. 41, 1958. 116 S.

UHLEN, R. La défense contre les incendies de forêt et l'aménagement rural. Bull. Techn. Inf. Min. Agric. 268, 1972. S. 399 - 404

UNESCO. Seminar on mediterranean synoptic meteorology. Meteor. Abh. FU Berlin 9, 1960. 226 S.

US-DEP. OF AGRICULTURE. Fire weather. Washington 1970. 229 S.

US-DEP. OF AGRICULTURE. Fire in the Northern Environment - a symposium. Portland 1971. 275 S.

VAUDOUR, J. Notes sur les sols méditerranéens. Ann. de Géogr. 77, 1968. S. 483 - 488

VIALAR, J. Les vents régionaux et locaux. Mém. Météor. Nat. 31, 1948. 52 S.

VIAUT, A. Les principaux types de temps de France, Méditerranée et nord-ouest de l'Afrique. Paris 1945.

WALTER, H. Die Vegetation der Erde, Teil 2: Die gemäßigten und arktischen Zonen. Stuttgart 1968. 1001 S.

WEBER, E. Grundriß der biologischen Statistik. Stuttgart 1967[6]. 674 S.

WECK, J. Neue Unterlagen für eine Waldbrandbekämpfung, Teil 1: Auswertung der Statistik. Mitt. d. Reichsinst. f. Forst- und Holzwirtschaft 1, 1947. 20 S.

WECK, J. Waldbrand, seine Vorbeugung und Bekämpfung. Brandschutz - Fachbuchreihe 19. Stuttgart und Köln 1950. 53 S.

WEDEMEYER, K. Der Mistral Südfrankreichs. Diss. Köln 1933 82 S.

WHITE, R.M. Fire, water and weather. Bull. Amer. Meteor. Soc. 49, 1968. S. 715 - 719

WHITTINGHAM, H.E. A review of fire weather investigations in Australia. Austral. Meteor. Mag. 35, 1961. S. 10 - 14

WOELFLE, M. Waldbau und Forstmeteorologie. München 1950². 68 S.

ZACCARIE, A. Incendies de forêts et érosions dans le département du Var. L'Irrigant 15, 1961. S. 17 - 20 und L'Irrigant 16, 1961. S. 19 - 22

ZACCARIE, A. Destruction et protection du sol. La forêt privée franç. 74, 1970. S. 54 - 65

ZACCARIE, A. Incendiesde forêts. La forêt privée franç. 87, 1972. S. 57 - 67

ZIEGER, E. u. S. LANGE. Beiträge zur Waldbrandprognose. Arch. Forstwesen 9, 1960. S. 97 - 108

B I L D A N H A N G

Bild 1:

Wie hier, im Stadtwald von Nizza, mag das ursprüngliche Oleo-Lentiscetum ausgesehen haben; im Vordergrund rechts ein Johannisbrotbaum, links Stämme von Aleppokiefern, in der Mitte dichtes Buschwerk aus Oleaster, im Hintergrund wiederum Aleppokiefern.

Bild 2:

Bei der Kartause Verne, in den Maures, ist ein Steineichenhochwald erhalten geblieben; die abgeschiedene Lage und der Schutz durch das Kloster haben ihn vor der Axt bewahrt.

Bilder 3 und 4:

In der lichtdurchfluteten Niederprovence ein 'mitteleuropäischer' Buchenwald mit Linde, Ahorn, Eibe, Stechpalme und Efeu! Dank der ökologischen Gunst - Schatten durch die Ste. Baume Kette, Höhenlage zwischen 700 und 1000 m, Kalkuntergrund - und dank der Jahrtausende währenden Hege als keltische und christliche Kultstätte, konnte der Reliktwald überleben. Heute ist er in der Obhut des Office National des Forêts.

Bild 5:

Hier, östlich von Marseille, stockten einst ununterbrochene Steineichenwälder. Sie degradierten unter dem Einfluß des Menschen (Holzeinschlag, Brandrodungswirtschaft, Waldweide und Waldbrand) zur kniehohen Kermeseichengarrigue. An einigen Stellen treten sogar vegetationslose Steinflächen zu Tage.

Bild 6:

Korkeichen bei La Garde Freinet. Der untere Stamm und dicke Äste werden im zehnjährigen Rhythmus geschält. Des natürlichen Schutzes beraubt, sind die Bäume brandempfindlich. Außerdem wird durch die wiederholte Entrindung ihre Lebenskraft gemindert.

Bild 7:

Macchie in der kristallinen Niederprovence. Höher und dichter als ihr Pendant in der Kalkniederprovence, die Garrigue, setzt sie sich hauptsächlich aus zwei Sträuchern zusammen: Baumheide (auf dem Photo hellgrau) und Erdbeerbaum (dunkelgrau). Oben rechts stehen zwei Seestrandkiefern, die von Waldbrand und Kiefernsterben verschont geblieben sind. Während des Herbstes wird das eintönige Grün der Macchie durch die leuchtend roten Früchte des Erdbeerbaumes aufgelockert.

Bild 8:

Aleppokiefern bei Aix-en-Provence; die lichten Wälder lassen ein üppiges Unterholz zu.

Bild 9:

Der letzte gesunde Bestand an Seestrandkiefern im Dep. Var, bei St. Paul-en-Forêt. Im Dep. Alpes-Maritimes gibt es noch mehrere Bestände, die nicht vom Matsucoccus feytaudi befallen sind.

Bild 10:

Die schönste der mediterranen Kiefern, die Schirmpinie, bildet in der Permischen Senke zwischen Le Luc und Fréjus geschlossene Bestände; anderswo ist sie nur einzeln oder in Reihen gepflanzt anzutreffen.

Bild 11:

Eßkastanienbestand auf einem Nordhang in den Maures. Während des Herbstes werden die Wälder von zahlreichen Sammlern besucht; das Kastanienrösten gilt im Bewußtsein vieler Provenzalen als Auftakt der kalten Jahreszeit.

Bild 12:

Die Flaumeichen, hier bei Rians (Dep. Var), werden fast ausschließlich als Niederwald bewirtschaftet.

Bild 13:

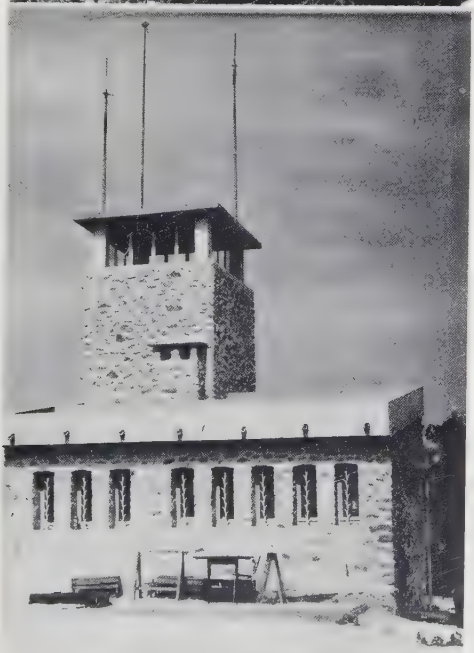
Die Hopfenbuche, eine Besonderheit des östlichen Dep. Alpes-Maritimes, ist nur in Gärten und Parks als hoher, stattlicher Baum zu sehen; ansonsten bildet sie Niederwälder.

Bild 14:

Die Kiefern erobern die brachliegenden Flächen in der Hochprovence. Im oberen Teil des Bildes, aufgenommen im Tinéetal, ist zu erkennen, wie eine aufgelassene Weide rekolonisiert wird.

Bilder 17 und 18:

Auf Schritt und Tritt begegnet man Warntafeln, die auf die Waldbrandgefahr hinweisen. Sie appellieren an das Verständnis und die Vorsicht der Einheimischen sowie der unerfahrenen und unbekümmerten Touristen. Besonders zahlreich sind die Schilder in der Roten Zone, die durch den Fremdenverkehr einer vermehrten Anzahl von Zündanlässen ausgesetzt ist.



Bilder 19 und 20:

Wachtturm auf dem 'Grand Puech' (Dep. B.-d.-Rh.). Der Posten ist vom 1. April bis zum 30. September ununterbrochen besetzt. Neben der Detektion von Waldbränden dient er dem Funkverkehr der Feuerwehr als Vermittlungsstelle.

Bilder 21 und 22:

Erschließungswege für die Feuerwehr in der Schutzzone Calanques-Ste.Baume. Sie führen selbst durch die Garrigue, da auch diese gegen Brand verteidigt werden muß, um den Boden zu erhalten.

Das untere Bild zeigt eine Ausweichstelle, die den Gegenverkehr von Lastkraftwagen ermöglicht. Rechts ein verkohlter Niederwald, der ein Jahr zuvor abgebrannt ist.

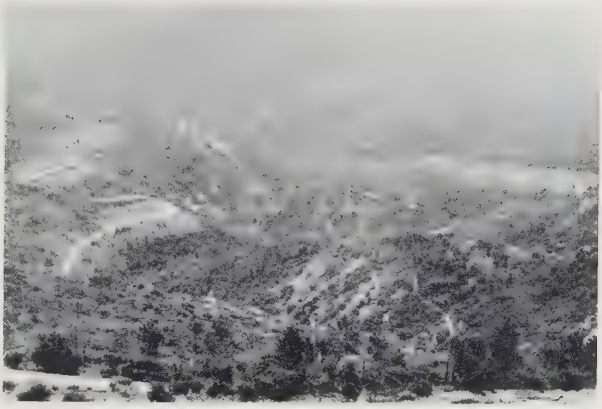
Bild 23:

Auffahrt zu einem Hubschrauberlandeplatz in den Maures. Er liegt üblicherweise auf einem Gipfel, der vom Wald gerodet ist.

Bild 24:

Die geteerte Plattform ist von allen Seiten leicht anzufliegen. Sie gewährt einen unbehinderten Rundumblick, so daß sie von der Patrouille (Fahrzeug) vorübergehend zum Beobachtungsstandort gewählt wird.

Den uhrglasförmig gewölbten Landeplatz umgibt ein Rinnstein, der das Regenwasser sammelt und der Zisterne (weißer Beton im Vordergrund) zuführt.



Bilder 25 und 26:

Brandschneisen in den Maures. Sie werden meistens in Verbindung mit den Erschließungswegen angelegt und begleiten sie auf einer oder auf beiden Seiten.

Bild 27:

Zwar ist die Brandschneise zur Zeit frei von Vegetation - abgesehen von vereinzelten Bäumen, die man aus ästhetischen Gründen verschont hat - und ein angreifendes Feuer wird mangels Nahrung erlöschen; doch ist zu befürchten, daß binnen weniger Jahre die wuchernde Strauchschicht (links) die freie Fläche zurückerobert.

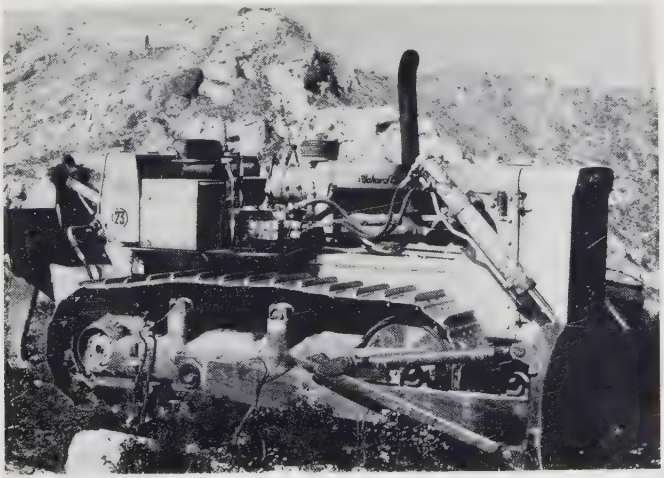


Bild 28:

Ein Bulldozer, der die Brandschneisen anlegt. Am hinteren Ende befindet sich ein Zahn, der den Boden aufreißt und das Wurzelwerk freilegt; mit dem Planierschild wird anschließend das Gelände geebnet.

Bilder 29 und 30:

Landwirtschaftlich genutzte Brandriegel.

Das obere Bild zeigt einen Ausschnitt aus dem Maraval-Tal, der abgeholzt wurde und künftig Weinfelder tragen wird.

Im unteren Bild dient eine Ölbaumkultur als Brandriegel.

Bild 31:

Schnellwüchsige Robinien auf dem forstlichen Brandriegel von Peynier (Dep. B.-d.-Rh.). Die anderen Holzpflanzen, Steineiche und Flaumeiche, wachsen langsam heran, so daß zunächst einmal Gräser, Euphorbien und Rosmarin aufkommen.

Bild 32:

Die Doppelreihe von Arizonazypressen wird den forstlichen Brandriegel gegen Funkenflug und Mistral schützen.

Bilder 33 und 34:

Zwei 'lacs collinaires' in den Maures.

Im oberen Bild wird das Wasser durch einen Erddamm, im unteren durch eine Betonwand gestaut.

Bilder 35 und 36:

Da die Wasserleitung dem Gefälle folgt, brauchen keine Pumpen installiert zu werden. An den Hydranten werden die Tankwagen aufgefüllt.

Bild 37:

Die Betonzisterne trägt nicht zur Verschönerung der Landschaft bei.

Bild 38:

Unauffällig ist die Zisterne am Rand des Erschließungsweges angelegt, der hier durch eine kleine Senke führt, in die das Wasser hineinfließt. Ein Stück des Weges (bis zur Mitte oben) ist geteert, damit das Regenwasser nicht versickert.

Bild 39:

Ein Weiler von ehemaligen 'harkis' in der Gemarkung von Collobrières (Dep. Var).

Bild 40:

Ein ehemaliger 'harki', der mit einer Spezialsäge die leicht entzündbaren Sträucher und Kräuter entfernt.

Bild 41:
Fahrzeuge der departementalen Feuerwehr im Gelände

Bild 42:

Die Mehrheit der 'Canadairs' ist auf dem Flughafen Marseille-Marignane stationiert. Eine weitere Staffel befindet sich in Ajaccio, um die Waldbrände auf Korsika zu bekämpfen.

Jedes Flugzeug kostet 9 000 000 FF, eine Flugstunde 7 000 FF. Die Wartung liegt in den Händen der flugtechnischen Werke 'Sud-Aviation',die ihren Sitz in Marignane haben.

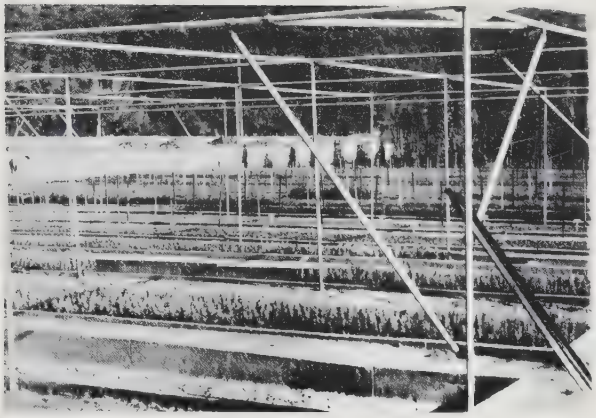


Bild 43:

In einer Baumschule der Station Expérimentale des Maures. Die Sämlinge werden nach Ablauf eines Jahres versetzt, um nach einem weiteren Jahr ausgepflanzt zu werden.

Die Aufzucht von Forsthölzern erfolgt ausschließlich in staatlichen Betrieben, da die gewerblichen Baumschulen nur Ziersträucher und -bäume heranziehen.

Um einen Anreiz für die Wiederaufforstung zu schaffen, werden die Pflanzen kostenlos abgegeben, auch an Private.

Bild 44:

Die Volksschule von Pierrefeu (Dep. Var) versucht, die Jugend für die Wiederaufforstung zu gewinnen.

Bild 45:

Im reliefierten Gelände geht der Anpflanzung eine Terrassierung voraus.

Bei der Wiederaufforstung kommen den zahlreichen Forstleuten, die während der französischen Kolonialzeit in Nordafrika tätig waren, die dort gewonnenen Erfahrungen zugute.

Bild 46:

Auf einem Nordhang in der Schutzzone Maures sind Eßkastanien angepflanzt, die mit wenigen dunklen Steineichen durchsetzt sind.

Bild 47:
Eucalyptus dalrympleana.
Die Bäume sind noch
nicht sechs Jahre alt.

Bild 48:
Atlaszedern in der Montagne du Lubéron (Dep. Vaucluse).
Der schattige Wald ist an Wochenenden das Ausflugsziel
vieler Einwohner aus Avignon.

LEBENSLAUF

Am 8. Februar 1945 wurde ich als erstes von drei Kindern des Rektors Josef Gödde und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Wrenger, in Geseke (Westf.) geboren.

Von 1951 bis 1955 besuchte ich die kath. Volksschule in Geseke, anschließend die neusprachl. Gymnasien in Geseke, Paderborn und Lippstadt.

Nach dem Abitur am Ostendorfgymnasium in Lippstadt begann ich 1964 das Studium der Fächer Geographie, Französisch und Pädagogik an der Universität Münster. Im Wintersemester 1965/66 studierte ich in Grenoble, im Sommersemester 1966 sowie im Wintersemester 1966/67 in Würzburg. Danach kehrte ich an die Universität Münster zurück. Dort bestand ich im November 1969 die Erste Staatsprüfung für das Lehramt am Gymnasium in den Fächern Erdkunde und Französisch.

Meine akademischen Lehrer waren im Fach Geographie die Professoren Blüthgen, Büdel, Hambloch, Hempel, Jäger, Müller-Wille und Veyret; im Fach Französisch die Professoren Coenen-Mennemeier, Lausberg, Rauhut und Storost; im Fach Pädagogik die Professoren Kaiser und Reble.

Nach dem Studium legte ich am Ratsgymnasium in Bielefeld den Vorbereitungsdienst für das Lehramt am Gymnasium ab. Mit der Zweiten Staatsprüfung verließ ich den Schuldienst.

Seit dem Wintersemester 1971/72 habe ich als Doktorand das Studium an den Universitäten Münster und Aix-en-Provence fortgesetzt.